



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

## MODEL ROZVODNY S DVOJITÝM SYSTÉMEM PŘÍPOJNIC

SUBSTATION MODEL WITH DOUBLE BUSBAR SYSTEM

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petr Kopáček

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Vojtěch Wasserbauer

BRNO 2018

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

**Student:** Petr Kopáček

**ID:** 186116

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2017/18

**NÁZEV TÉMATU:**

## Model rozvodny s dvojitým systémem přípojníc

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

1. Spínací manipulace a blokování v rozváděčích vn s ohledem na uspořádání přípojníc a přístrojů
2. Návrh a realizace modelu rozvodného pole příčného spínače přípojníc
3. Využití terminálů vývodových polí v dvou systémové rozvodně pro blokování

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

Literatura je stanovena dle pokynů vedoucího práce.

**Termín zadání:** 5.2.2018

**Termín odevzdání:** 29.5.2018

**Vedoucí práce:** Ing. Vojtěch Wasserbauer

**Konzultant:**

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**  
*předseda oborové rady*

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je přestavět jednosystémový model rozvodny vn na model se dvěma přípojnici, ve kterém jedno pole zastupuje příčný spínač přípojníc, poté ho nakonfigurovat, otestovat a uvést do provozu pro laboratorní úlohu. Podstatná tematika k přestavbě je rozebrána v Teoretické části, na kterou navazuje popis přestavby a řešení konfigurace ovládání a blokování přístrojů v programu CAP505. Po přestavbě byla aktualizována výkresová dokumentace modelu, která je přiložena v příloze. Závěrem jsou shrnuty problémy řešené při testování a jejich odstranění. Práce obsahuje rovněž návrh laboratorní úlohy.

## KLÍČOVÁ SLOVA

rozvodna, blokování, manipulace, terminál ochrany REF, CAP505

## ABSTRACT

The goal of my Bachelor's Thesis is to rebuild a single busbar medium voltage Switchgear substation model with two sections where one Switchgear cubicle represents the incoming breaker of the busbar section. Furtherly, the goal is to configure the model, test and put it into the operation for laboratory exercise. The base problems for model rebuild are described in the theoretical part which is followed by the description of rebuild for this particular case and solution of control and instruments interlocking configuration using CAP505 program. The updated drawings after the rebuild completion are attached. The conclusion of my Bachelor Thesis summarizes the problems identified during testing and their resolution. Few laboratory exercises are also included in the Thesis.

## KEYWORDS

substation, interlocking, switching operations, feeder terminal REF, CAP505

KOPÁČEK, Petr. *Model rozvodny s dvojitým systémem přípojníc*. Brno, 2018, 71 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky. Vedoucí práce: Ing. Vojtěch Wasserbauer

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Model rozvodny s dvojitým systémem přípojníc“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno .....

.....

podpis autora

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Vojtěchu Wasserbauerovi za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Brno .....

.....

podpis autora

# OBSAH

Seznam obrázků	8
Seznam tabulek	10
Seznam symbolů, veličin a zkratk	11
Úvod	12
<b>I Teoretická část</b>	<b>13</b>
<b>1 Rozvodná zařízení VN</b>	<b>14</b>
1.1 Základní prvky rozvodného zařízení . . . . .	14
1.2 Přípojnicové systémy . . . . .	14
1.2.1 Nejběžnější konfigurace přípojnicových systémů . . . . .	15
<b>2 Spínací manipulace v rozvodnách VN</b>	<b>17</b>
2.1 Připojení vývodové odbočky V na zdroj elektrické energie (zapínání) .	17
2.2 Odpojení vývodové odbočky V od zdroje elektrické energie (vypínání)	18
2.3 Změna přípojnice z W1 na W2 bez přerušení dodávky elektrické energie	18
2.4 Zavedení a provoz na náhradní přípojnici W5 z přípojnice W2 . . . .	18
<b>3 Blokování v rozvodnách VN</b>	<b>20</b>
3.1 Blokování rozvodny . . . . .	20
<b>4 Elektrické ochrany</b>	<b>22</b>
4.1 Terminály REF 541 a 543 . . . . .	23
4.1.1 Konfigurace terminálů . . . . .	23
4.1.2 Binární vstupy . . . . .	25
4.1.3 Binární výstupy . . . . .	25
4.2 Software CAP505 . . . . .	26
4.2.1 Relay configuration tool . . . . .	29
4.2.2 Relay setting tool . . . . .	32
4.2.3 Relay mimic editor . . . . .	33
4.2.4 Relay download tool . . . . .	34
4.3 Siemens LOGO . . . . .	35

<b>II</b>	<b>Praktická část</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>Model rozvodny s dvojitým systémem přípojníc</b>	<b>39</b>
5.1	Výchozí stav a popis plánované přestavby . . . . .	39
5.2	Popis změn v zapojení . . . . .	40
5.2.1	Vývodové pole . . . . .	40
5.2.2	Pole příčného spínače přípojníc . . . . .	41
5.2.3	Logické propoje polí . . . . .	43
5.2.4	Měřicí obvody . . . . .	44
5.3	Konfigurace terminálů REF . . . . .	45
5.3.1	Vývodové pole . . . . .	45
5.3.2	Pole příčného spínače přípojníc . . . . .	51
5.4	Testování a dodatečné úpravy . . . . .	54
5.4.1	Ovládání odpojovačů vývodového pole . . . . .	54
5.4.2	Blokování příčného spínače přípojníc v závislosti na reálném stavu odpojovačů . . . . .	55
5.4.3	Nové popisové štítky . . . . .	56
<b>6</b>	<b>Laboratorní úloha</b>	<b>57</b>
6.1	Zadání . . . . .	57
6.2	Teoretický úvod . . . . .	57
6.2.1	Blokování v rozvodnách VN . . . . .	57
6.2.2	CAP505 - Relay configuration tool . . . . .	60
6.3	Postup měření . . . . .	62
6.4	Vypracování . . . . .	63
<b>7</b>	<b>Závěr</b>	<b>64</b>
	<b>Literatura</b>	<b>65</b>
	<b>Seznam příloh</b>	<b>66</b>
<b>A</b>	<b>Ukázka původní výkresové dokumentace modelu</b>	<b>67</b>
<b>B</b>	<b>Nové štítky ovládacích panelů</b>	<b>70</b>
<b>C</b>	<b>Obsah přiloženého CD</b>	<b>71</b>
<b>D</b>	<b>Výkresová dokumentace s názvem Model rozvodny s dvojitým sys- témem přípojníc</b>	

# SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1	Jednoduché přípojnice [2]	15
1.2	Dvojité přípojnice [2]	15
1.3	Dvojité přípojnice s U zapojením [2]	16
1.4	Dvojité přípojnice, BYPASS [2]	16
1.5	Dvojité přípojnice s výsuvným vypínačem [2]	16
1.6	Dvojité přípojnice se dvěma výsuvnými vypínači na odbočku [2]	16
1.7	Dvojité přípojnice s pomocnou přípojnici [2]	16
1.8	Trojité přípojnice [2]	16
2.1	Schéma části rozvodny pro demonstraci provozních manipulací polí (Vývod, Příčný spínač přípojníc, Spínač pomocné přípojnice)	19
4.1	Stavová interpretace systému ochrany a chráněného objektu [5]	22
4.2	Klíč pro určení konfigurace ochrany [1]	23
4.3	Úvodní okno programu CAP 505	27
4.4	Okno pro správu projektů	27
4.5	Okno General Object Attributes	28
4.6	Okno REF54x Configuration	28
4.7	Okno nástroje Relay Configuration Tool	30
4.8	Použité funkční bloky v programu CAP505	32
4.9	Okno nástroje Relay Setting Tool	32
4.10	Ukázka nástroje Relay Mimic Editor	33
4.11	Okno pro konfiguraci LED diod (alarm)	33
4.12	Okno nástroje Relay Download Tool	34
4.13	Použité logické členy v programu CAP505 [4]	36
4.14	LOGO! program pro vypínač - stav vypnuto	36
4.15	LOGO! program pro vypínač - stav zapnuto	37
4.16	LOGO! program pro odpojovač - stav vypnuto	37
4.17	LOGO! program pro odpojovač - stav zapnuto	37
5.1	Blokové schéma pole pro model rozvodny	39
5.2	Program pro ovládání vypínače	47
5.3	Program pro ovládání odpojovače	48
5.4	Program pro ovládání uzemňovače	49
5.5	Program pro blokování příčného spínače přípojníc	50
5.6	Program pro indikaci stavu příčného spínače přípojníc	50
5.7	Program pro odblokování terminálu a aktivace podsvícení displeje	51
5.8	MIMIC vývodového pole	51
5.9	Program pro ovládání vypínače	52
5.10	Program pro ovládání odpojovače	53



5.11	Program pro blokování vývodových polí . . . . .	54
5.12	Indikace stavu vývodových polí . . . . .	54
5.13	MIMIC příčného spínače přípojníc . . . . .	55
6.1	Schéma části rozvodny pro demonstraci provozních manipulací polí (Vývod, <b>P</b> říčný spínač přípojníc, <b>S</b> pínač pomocné přípojnice) . . . .	59
6.2	Okno nástroje Relay Configuration Tool . . . . .	60
6.3	Použité funkční bloky v programu CAP505 . . . . .	62

## SEZNAM TABULEK

4.1	Počet vstupů a výstupů terminálů REF54x [1] . . . . .	24
4.2	Parametry binárních vstupů [1] . . . . .	25
4.3	Parametry výkonových výstupů PO [1] . . . . .	26
4.4	Parametry signalizačních výstupů SO [1] . . . . .	26
4.5	Popis logických vstupů a výstupů funkčního bloků [7] . . . . .	31
4.6	Pravdivostní tabulka logického členu RS [4] . . . . .	36
5.1	Změny ve vývodovém poli (ovládání a signalizace) . . . . .	41
5.2	Změny v poli příčného spínače přípojníc (ovládání) . . . . .	42
5.3	Změny pro zajištění vzájemné komunikace polí - příčný spínač přípojníc	44
5.4	Změny pro zajištění vzájemné komunikace polí - vývod . . . . .	44
6.1	Popis logických vstupů a výstupů funkčního bloků [7] . . . . .	61

## SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

VN	Vysoké napětí
PTP	Přístrojový transformátor proudu
PTN	Přístrojový transformátor napětí
Qxy	Odpojovač x v poli y
CBy	Vypínač v poli y
ESy	Uzemňovač v poli y
Wz	Přípojnice z
PLC	Programmable Logic Controller (programovatelný logický automat)
AC	Alternating current - střídavý proud
GOOSE	Generic Object Oriented Substation Event
DC	Direct current - stejnosměrný proud
HMI	Human Machine Interface - ovládací a zobrazovací zařízení
MIMIC	Konfigurovatelná grafika v terminálu REF

# ÚVOD

K účelu vzdělávání nových odborníků v oblasti rozvodných zařízení, jejich návrhu, výroby, chodu a vývoje, slouží mimo jiné model rozvodny v budově FEKT, který byl vyroben a dříve používán firmou ABB. Z tohoto důvodu byl model uzpůsoben ke školení a nácviku konfigurace ochranných terminálů rozvodných polí této firmy. Aby model dále sloužil jako všestranný a univerzální výukový objekt, bylo potřebné provést na něm podstatné změny.

Původní model rozvodny s jednoduchou přípojnici má být podle požadavků přepracován na model s dvojitou přípojnici, ve kterém jedno pole bude zastupovat příčný spínač přípojníc. Další významná změna spočívá v tom, že původní přímé ovládání panelu bez možnosti blokování, bude přepojeno tak, aby respektovalo vnitřní logiku terminálu ochran. Díky tomu bude možné demonstrovat na modelu blokovací podmínky nejen v rámci jednotlivých polí, ale i v rámci celé rozvodny.

Jelikož byl model vyroben a nakonfigurován ve firmě ABB, jako jeden z hlavních informačních zdrojů této práce jsou voleny právě dokumenty, manuály a příručky této firmy, které přímo souvisí s použitými ochrannými terminály. Pro teoretický základ byly vybrány nejen místní školní zdroje, ale také zdroje externí.

Úkolem této práce je tedy seznámení se s modelem, pochopení principu funkce a dokončení jeho rekonstrukce a obnovy, jelikož některé změny na modelu již byly provedeny. Výstupem je funkční vylepšený model rozvodny a návrh laboratorní úlohy vzhledem k využití nových možností modelu.

Teoretická část práce je zprvu úvodem do problematiky a následně se rozvine až po rozbor a popis přístrojů přímo použitých v rozvodně. V praktické části je podrobně popsán celý proces rekonstrukce včetně konfigurace terminálů až po návrh laboratorní úlohy.

# Část I

## Teoretická část

# 1 ROZVODNÁ ZAŘÍZENÍ VN

V současné době provozovaná rozvodná zařízení pro vysoké napětí jsou z konstrukčního hlediska členěny na kobkové a skříňové. Kobková rozvodná zařízení jsou většinou celé budovy o více patrech. Jednotlivé odbočky jsou v nich odděleny stěnou. Vzniknou tak kobky, kde každá znamená jednu odbočku a sahá i přes více než jedno patro. Kobkové rozvodny sice ještě na našem území fungují, ale nové se již nevyrábějí. Novou alternativou se stala skříňová rozvodná zařízení.

## 1.1 Základní prvky rozvodného zařízení

Rozvodné zařízení VN se skládá z přípojníc a odboček.

Přípojnice jsou tuhé pásové vodiče, na které je elektrická energie přiváděna pomocí přívodní odbočky a naopak odváděna do vývodových odboček. Tvoří tak uzel, pomocí kterého je elektrická energie distribuována do všech vývodů v daném přípojniovém systému. Počet vodičů v přípojniovém systému je dán jeho typem a počtem fází. Typ vodiče a jeho parametry jsou přizpůsobeny proudovým zatížením, zkratovými poměry a požadavky na pevnost [3].

Odbočky jsou u skříňových rozváděčů VN tvořeny souborem jednotlivých rozváděčových polí sloužících jako přívod, vývody, měření nebo spínače přípojníc.

Mezi základní zařízení odboček se řadí [3]:

- Spínač (vypínač, odpínač, odpojovač, stykač, do jisté míry také jistič nebo pojistka)
- Přípojniový odpojovač
- Vývodový odpojovač
- Uzemňovač
- Měřicí přístrojové transformátory proudu (PTP) a napětí (PTN)
- Měřicí a signalizační zařízení
- Elektrické ochrany

## 1.2 Přípojniové systémy

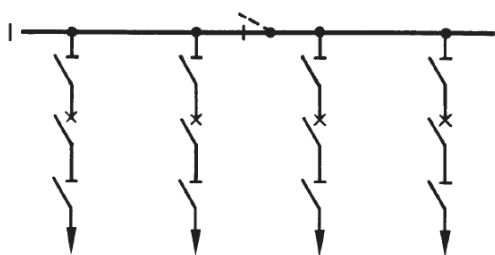
Pro práci odboček je třeba někdy zajistit oddělený provoz nebo je nutné, aby nepřerušovaně dodávali elektrickou energii do sítě nebo spotřebičům. V těchto případech je vhodné navrhnout různé zapojení a počet přípojniových systémů.

Důvody pro realizaci složitějších systémů přípojníc jsou tyto [6]:

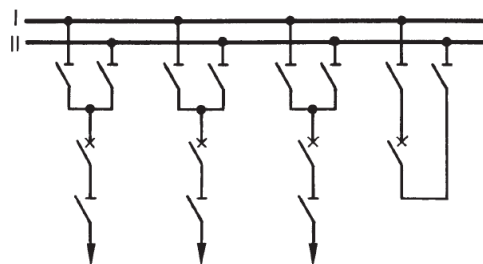
- Omezení zkratových proudů
- Napájení odboček z více navzájem nespojujících zdrojů
- Oddělení spotřebičů značně kolísavého příkonu od citlivých spotřebičů na kolísavé napětí
- Zajištění odběru pro 1. až 3. stupeň důležitosti dodávky energie
- Možnost servisní činnosti na některém z úseku rozvodny
- Oddělení venkovního vedení od kabelového

### 1.2.1 Nejběžnější konfigurace přípojnícových systémů

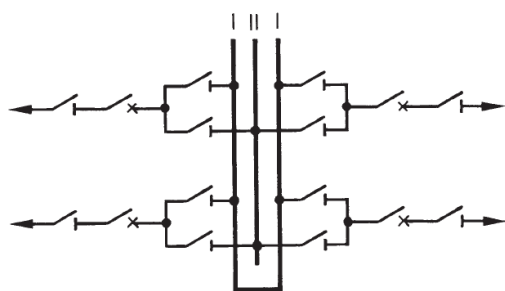
Na Obr. 1.1 je zobrazené schéma rozvodny s jednou přípojnicí. Taková konfigurace je vhodná spíše pro menší instalace s možností podélného dělení. Naopak rozvodnu se dvěma přípojnicemi na Obr. 1.2 lze použít pro větší instalace díky větší spolehlivosti. Největší výhodou této konfigurace je možnost přepojení na druhou instalaci bez přerušení napájení. Na Obr. 1.3 je rovněž dvousystémová rozvodna se zapojením do „U“, která nabízí levnější a na prostor méně náročnější variantu. Další možností je konfigurace na Obr. 1.4, u které je sloučena funkce druhé přípojnice a pomocné přípojnice. Vysokonapěťové rozvodny často obsahují výsuvné vypínače, což minimalizuje čas potřebný pro jeho výměnu (viz Obr. 1.5 a Obr. 1.6). Aby mohla být na některé z odboček rozvodny prováděna údržba bez přerušení napájení, bývá v některých instalacích navíc zavedena pomocná přípojnice (viz Obr. 1.7). Na Obr. 1.8 je zobrazena rozvodna se třemi přípojnicemi pro instalace, které mohou být životně důležité nebo jejichž výpadek napájení může způsobit velké škody [2].



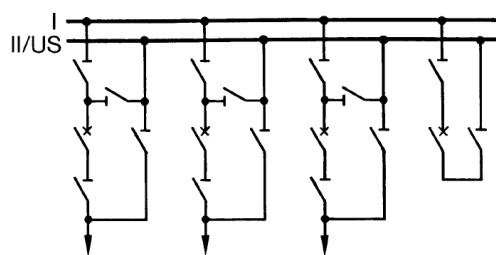
Obr. 1.1: Jednoduché přípojnice [2]



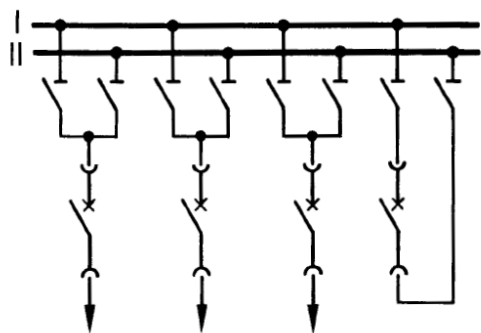
Obr. 1.2: Dvojité přípojnice [2]



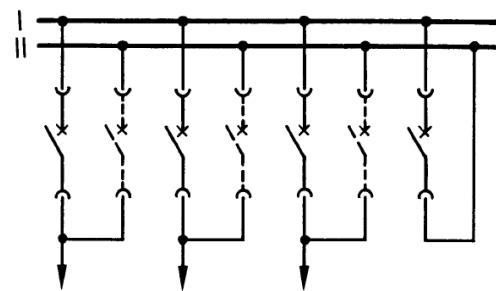
Obr. 1.3: Dvojité přípojnice s U zapojením [2]



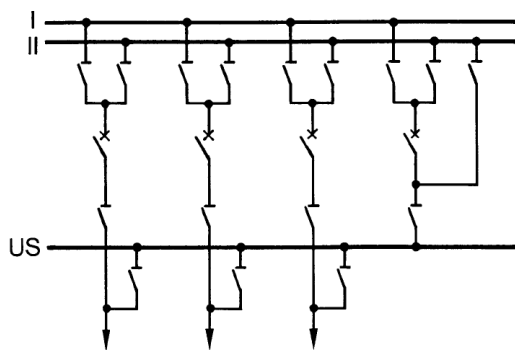
Obr. 1.4: Dvojité přípojnice, BYPASS [2]



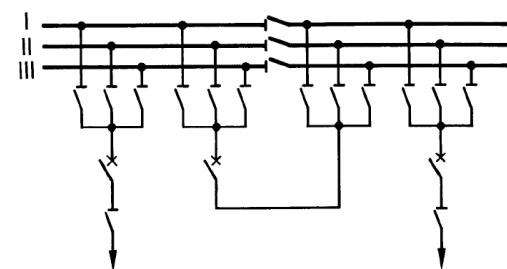
Obr. 1.5: Dvojité přípojnice s výsuvným vypínačem [2]



Obr. 1.6: Dvojité přípojnice se dvěma výsuvnými vypínači na odbočku [2]



Obr. 1.7: Dvojité přípojnice s pomocnou přípojnici [2]



Obr. 1.8: Trojité přípojnice [2]



## 2 SPÍNACÍ MANIPULACE V ROZVODNÁCH VN

Řízení rozvodu elektrické energie, umožnění oprav a revizí zařízení nám umožňují tzn. provozní (spínací) manipulace. Jsou prováděny tak, aby nedošlo k přerušení dodávky, pokud to přípojnícový systém umožňuje a požadavky na dodávku vyžadují, a aby při těchto manipulacích nedošlo ke zničení zařízení nebo zranění ani ohrožení osob [6].

Základní provozní manipulace v rozvodných zařízeních jsou tyto [6]:

- Zapínání a vypínání přístrojů v odbočce (základní manipulace, z nichž jsou odvozeny další dílčí manipulace)
- Zapínání odbočky na vybraný systém přípojnic
- Vypínání odbočky
- Převedení odbočky na jiný přípojnícový systém
- Převedení všech odboček na jiný přípojnícový systém
- Převedení odbočky na náhradní přípojnícový systém
- Vypnutí náhradního provozu
- Zrušení náhradního provozu
- Spojení podélných úseků
- Rozpojení podélných úseků

Na Obr. 2.1 budou nyní popsány základní provozní manipulace v obecné rozvodně VN se dvěma systémy hlavních přípojnic W1, W2 a jednou pomocnou přípojnicí W5, které respektují blokové podmínky z kapitoly 3. Rozvodna se skládá z typických prvků pro tuto konfiguraci - vývodová odbočka, příčný spínač přípojnic a spínač pomocné přípojnice viz Obr. 2.1.

### 2.1 Připojení vývodové odbočky V na zdroj elektrické energie (zapínání)

Abychom připojili odbočku V na některou z přípojnic, musíme vykonat následující manipulace (krok 2. a 3. lze učinit v jakémkoliv pořadí):

1. Vypnutí uzemňovače ESv (rozepnutí kontaktů, pokud byly sepnuty)
2. Sepnutí odpojovače Q1v pro přípojnici W1 nebo Q2v pro přípojnici W2
3. Sepnutí odpojovače Q3v
4. Zapnutí vypínače CBv

## **2.2 Odpojení vývodové odbočky V od zdroje elektrické energie (vypínání)**

Abychom odpojili odbočku V z některé z přípojníc, musíme vykonat následující manipulace (krok 2. a 3. lze učinit v jakémkoliv pořadí):

1. Vypnutí vypínače CBv
2. Vypnutí odpojovače Q1v pro přípojnici W1 nebo Q2v pro přípojnici W2 (rozpojení kontaktů)
3. Vypnutí odpojovače Q3v (rozpojení kontaktů)
4. Sepnutí kontaktů uzemňovače ESv (pokud je potřeba)

## **2.3 Změna přípojnice z W1 na W2 bez přerušení dodávky elektrické energie**

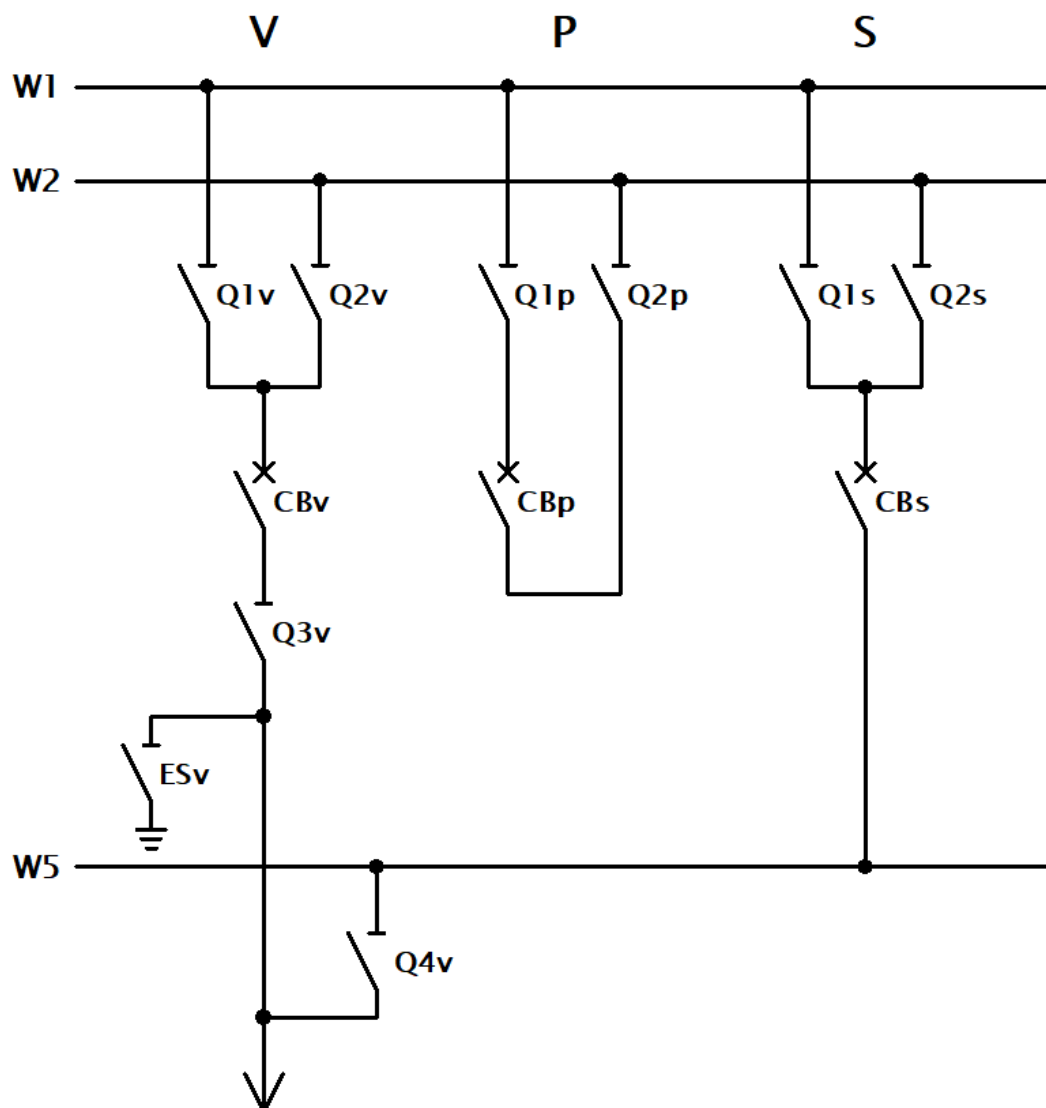
Abychom mohli provést změnu napájení odbočky V z přípojnice W1 na W2, musíme vykonat následující manipulace (za předpokladu, že CBv, Q1v a Q3v jsou sepnuty):

1. Sepnutí odpojovačů Q1p a Q2p na poli příčného spínače přípojníc
2. Zapnutí vypínače CBp na poli P
3. Sepnutí odpojovače Q2v na poli O lze vykonat, protože na nožích Q2v je stejný potenciál díky manipulacím na poli P
4. Rozepnutí kontaktů odpojovače Q1v
5. Vypnutí vypínače CBp příčné spojky
6. Rozpojení kontaktů odpojovačů Q1p a Q2p

## **2.4 Zavedení a provoz na náhradní přípojnici W5 z přípojnice W2**

Abychom mohli provést změnu napájení odbočky O z přípojnice W2 na náhradní přípojnici W5, musíme vykonat následující manipulace (za předpokladu, že Q2v, CBv a Q3v jsou sepnuty):

1. Sepnutí kontaktů odpojovače Q2s
2. Sepnutí kontaktů odpojovače Q4v
3. Zapnutí vypínače na poli spínače pomocné přípojnice CBs
4. Vypnutí vypínače CBv na poli V
5. Rozepnutí kontaktů odpojovačů Q2v a Q3v



Obr. 2.1: Schéma části rozvodny pro demonstraci provozních manipulací polí (Vývod, Příčný spínač přípojnic, Spínač pomocné přípojnice)

### 3 BLOKOVÁNÍ V ROZVODNÁCH VN

Abychom zajistili bezpečnost osob a nedopustili poškození zařízení nebo jeho činnosti, jsou provozní manipulace vázány blokovacími podmínkami. Kromě ohrožení bezpečnosti osob nesmí dojít k přetížení některé části rozvodny, musí být dodržena vypínací schopnost všech přístrojů a nesmí být zhoršena selektivita obvodů. Blokovací podmínky tak tvoří vazbu mezi přístroji a patří mezi ně tyto základní požadavky [6]:

- Manipulace s odpojovači není dovolena, pokud na jejich kontaktech je nebo by se mohlo objevit napětí
- Odpojovače nesmí trvale samy spojovat příčně dělené přípojnice
- Na pomocnou přípojnici může být připojena pouze jedna odbočka
- Vypínač nesmí jít zapnout, jestliže jsou odpojovače odbočky v mezipoloze

#### 3.1 Blokování rozvodny

Pro lepší objasnění blokovacích podmínek bude podrobněji popsáno schéma rozvodny na Obr. 2.1. Místo dlouhých slovních vyjádření je volen zápis pomocí logických proměnných, kde [6]:

$\overline{X}$	je logická proměnná s hodnotou 1 ( <b>zapnutý</b> stav přístroje X)
$\underline{X}$	je logická proměnná s hodnotou 1 ( <b>vypnutý</b> stav přístroje X)
$\overline{X} \equiv \underline{X}$	je logická proměnná s hodnotou 0 (přístroj v <b>mezipoloze</b> )
$vyp(X)$	je logická proměnná s hodnotou 1/0 (vypnutí X <b>povoleno/nepovoleno</b> )
$zap(X)$	je logická proměnná s hodnotou 1/0 (zapnutí X <b>povoleno/nepovoleno</b> )

Pomocí základních blokovacích podmínek (požadavků) formulovaných výše jsou nyní sestaveny následující logické podmínky pro blokování myšlené rozvodny na Obr. 2.1 [6]:

1. Přípojnicové odpojovače vývodové odbočky V (obdobně i pro druhou přípojnicí)

$$zap(Q1v) \equiv (\underline{CBv} \cdot \underline{Q2v} + \overline{Q1p} \cdot \overline{Q2p} \cdot \overline{CBp} \cdot \overline{Q2v}) \quad (3.1)$$

$$vyp(Q1v) \equiv (\underline{CBv} \cdot \underline{Q2v} + \overline{Q1p} \cdot \overline{Q2p} \cdot \overline{CBp} \cdot \overline{Q2v}) \quad (3.2)$$

2. Přípojnicové odpojovače příčného spínače přípojnic (obdobně i pro druhou přípojnicí)

$$zap(Q1p) \equiv \underline{CBp} \quad (3.3)$$

$$vyp(Q1p) \equiv \underline{CBp} \quad (3.4)$$

3. Vývodový odpojovač odbočky V

$$zap(Q3v) \equiv \underline{CBv} \cdot \underline{Q4v} \cdot \underline{ESv} \quad (3.5)$$

$$vyp(Q3v) \equiv \underline{CBv} \quad (3.6)$$

4. Odpojovač pomocné přípojnice odbočky V

$$zap(Q4v) \equiv \underline{ESv} \cdot \underline{CBs} \cdot \underline{Q4x} \quad (3.7)$$

$$vyp(Q4v) \equiv \underline{CBs}, \quad (3.8)$$

kde  $Q4x$  značí všechny ostatní odpojovače pomocné přípojnice na dalších odbočkách, které nejsou znázorněny na Obr. 2.1.

5. Uzemňovač

$$zap(ESv) \equiv \underline{Q3v} \cdot \underline{Q4v} \quad (3.9)$$

$$vyp(ESv) \equiv 1 \quad (3.10)$$

6. Vypínač odbočky V a S

$$zap(CBv) \equiv (\overline{Q1v} + \underline{Q1v}) \cdot (\overline{Q2v} + \underline{Q2v}) \cdot (\overline{Q3v} + \underline{Q3v}) \quad (3.11)$$

$$zap(CBs) \equiv (\overline{Q1s} + \underline{Q1s}) \cdot (\overline{Q2s} + \underline{Q2s}) \cdot (\overline{Q4v} + \underline{Q4v}) \quad (3.12)$$

$$vyp(CBv) \equiv 1 \quad (3.13)$$

$$vyp(CBs) \equiv 1 \quad (3.14)$$

7. Vypínače příčného spínače přípojníc

$$zap(CBp) \equiv (\overline{Q1p} + \underline{Q1p}) \cdot (\overline{Q2p} + \underline{Q2p}) \quad (3.15)$$

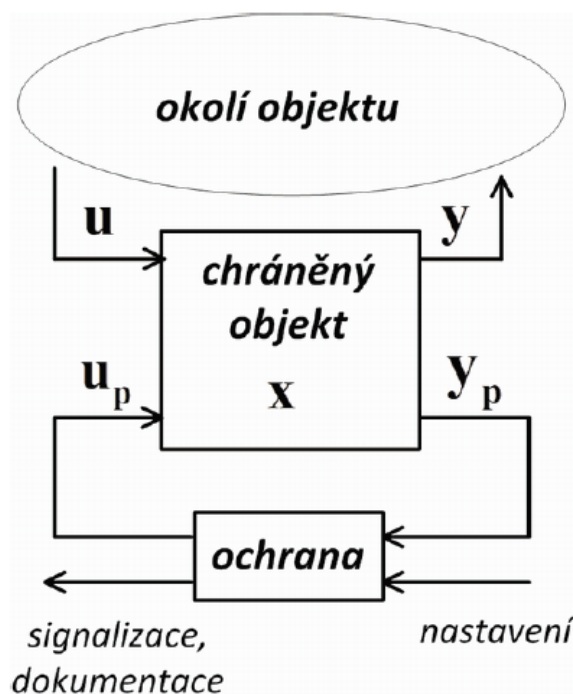
$$vyp(CBp) \equiv \underline{Q1v} + \underline{Q2v} \quad (3.16)$$

## 4 ELEKTRICKÉ OCHRANY

K zajištění bezpečného provozu spotřebičů, transformátorů, generátorů a vedení se používají elektrické ochrany, které v případě poruchy, přetížení, zkratu nebo jiného nestandardního chodu dají pokyn k odpojení daného prvku od zdroje. Elektrické ochrany tedy sledují stavové veličiny chráněného objektu, na základě kterých rozhodují, zda se objekt nachází v normálním nebo poruchovém stavu [3].

Tyto signály, důležité pro její funkci, terminál ochrany přijímá a vysílá na analogové úrovni. Jedná se především o měřené veličiny (napětí, proudy), binární vstupy (informace o pozici pohyblivých částí přístrojů), binární výstupy (povely k manipulaci s přístroji) [5].

Na Obr. 4.1 lze popsat princip chránění pomocí stavových proměnných. Chráněný objekt ( $\mathbf{x}$ ), který reprezentují vnitřní stavové veličiny (napětí, proudy, teploty, sycení), je ovlivňován svým okolím ( $\mathbf{u}$ ) a zároveň toto okolí ovlivňuje ( $\mathbf{y}$ ). Terminál ochrany dostává informace o stavu chráněného objektu prostřednictvím měřících transformátorů proudu, napětí nebo senzorů, které jsou zkresleny chybou měření a zpracování ( $\mathbf{y_p}$ ), a s ohledem na známé veličiny ( $\mathbf{u}$ ) rekonstruuje stav systému ( $\mathbf{x}$ ). Terminál ochrany poté vyhodnotí stav chráněného objektu a v případě, že se hodnoty vypovídající o stavu systému nenacházejí v oblasti stanovených dovolených hodnot, zareaguje například povel k vypnutí vypínače ( $\mathbf{u_p}$ ) [5].



Obr. 4.1: Stavová interpretace systému ochrany a chráněného objektu [5]

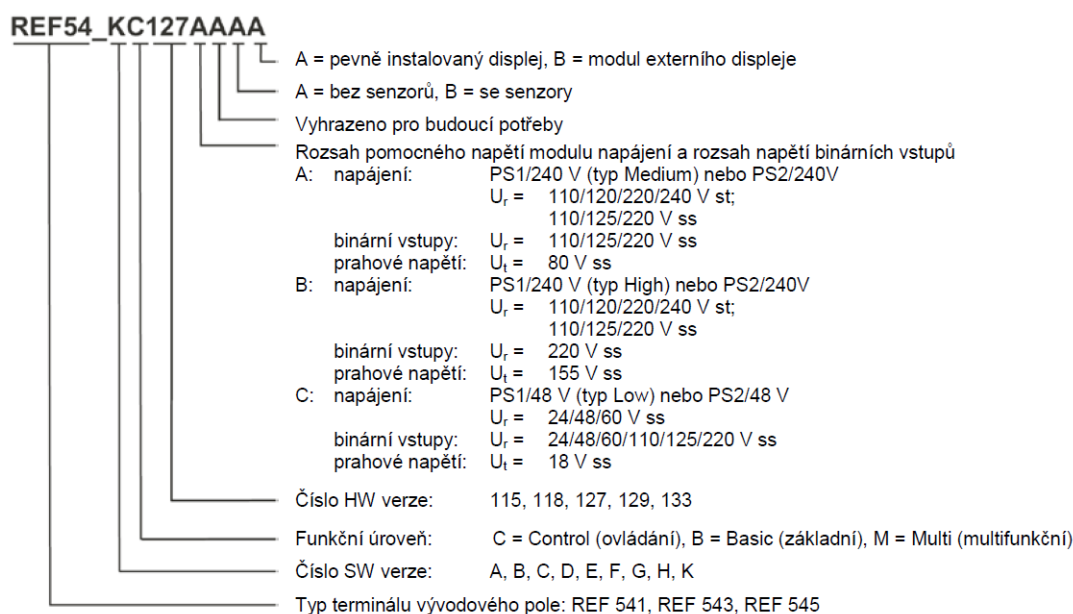
V této práci není na elektrické ochrany nahlíženo z hlediska jejich funkčních principů<sup>1</sup>, ale je využita jejich programovatelná vnitřní logika, binární vstupy a výstupy k demonstraci blokování v rozvodně VN. Z toho důvodu je níže rozebrána pouze tato problematika na použitých terminálech ochran.

## 4.1 Terminály REF 541 a 543

V modelu rozvodny jsou použity konkrétně terminály ochran od firmy ABB REF 541 a 543, které jsou určeny k chránění, ovládání, měření a monitorování vývodů v sítích VN. Terminály lze použít v rozvodnách s jednoduchou i dvojitou přípojnici, a proto jsou vhodné pro náš případ. Podle konfigurace terminálu je k dispozici určitý počet binárních vstupů a výstupů. S následnými logickými proměnnými lze pomocí funkčních bloků vytvářet automatizační, sekvenční a logické funkce potřebné pro automatizaci rozvodu. Patří mezi ně i logika blokovacích podmínek a ovládání rozvodny [1].

### 4.1.1 Konfigurace terminálů

Na panelech modelu rozvodny jsou umístěny terminály, z nichž každý má jiné specifické objednací číslo. Podle Obr. 4.2 a Tab. 4.1 lze z tohoto kódu vyčíst přesnou konfiguraci všech terminálů.



Obr. 4.2: Klíč pro určení konfigurace ochrany [1]

<sup>1</sup>Algoritmy, podle kterých ochrana vyhodnocuje sledované stavové veličiny.

Počet vstupů/výstupů	REF 541	REF 543
Binární vstupy	15	25
Vstupy kontrolní funkce vypinacího obvodu	2	2
Výkonové výstupy (jednopolový pracovní kontakt/NO)	0	2
Výkonové výstupy (dvoupólový pracovní kontakt/NO)	5	9
Signalizační výstupy (pracovní kontakt/NO)	2	2
Signalizační výstupy (přepínací kontakt/NO/NC)	5	5
Výstup funkce samočinné kontroly	1	1

Tab. 4.1: Počet vstupů a výstupů terminálů REF54x [1]

V laboratoři jsou k dispozici tyto konfigurace terminálů:

1. REF541CM118AABA (Pole 3 - příčný spínač přípojnic)
  - 15 binárních vstupů
  - 12 výkonových a signalizačních výstupů
  - Funkční úroveň Multi (ovládací, monitorující, měřicí a ochranné funkce)
  - 9 vstupů pro senzory
  - Pevně instalovaný displej
  - Rozsah napětí binárních vstupů: 110/125/220 V DC
  - 4 vstupy pro měření napětí
  - 5 vstupů pro měření proudu
  - 4 analogové výstupy
  - 8 RTD/analogových vstupů
2. REF543AB129AAAB (Pole 1 - vývod)
  - 25 binárních vstupů
  - 18 výkonových a signalizačních výstupů
  - Funkční úroveň Basic (ovládací, monitorující, měřicí a základní ochranné funkce)
  - Modul externího displeje
  - Rozsah napětí binárních vstupů: 110/125/220 V DC
  - 4 vstupy pro měření napětí
  - 5 vstupů pro měření proudu
  - 4 analogové výstupy
  - 8 RTD/analogových vstupů
3. REF543FM127AAAA (Pole 4 - vývod)
  - 25 binárních vstupů
  - 18 výkonových a signalizačních výstupů
  - Funkční úroveň Multi (ovládací, monitorující, měřicí a ochranné funkce)
  - Pevně instalovaný displej
  - Rozsah napětí binárních vstupů: 110/125/220 V DC
  - 4 vstupy pro měření napětí
  - 5 vstupů pro měření proudu



#### 4. REF543FB127AAAA (Pole 2 - vývod)

- 25 binárních vstupů
- 18 výkonových a signalizačních výstupů
- Funkční úroveň Basic (ovládací, monitorující, měřicí a základní ochranné funkce)
- Pevně instalovaný displej
- Rozsah napětí binárních vstupů: 110/125/220 V DC
- 4 vstupy pro měření napětí
- 5 vstupů pro měření proudu

### 4.1.2 Binární vstupy

Binární vstupy terminálů jsou izolovány optočleny a aktivovány (ovládány) napětím. Riziko zakmitávání signálu a krátkodobých rušení na binárním vstupu je eliminováno programovatelným časovým filtrem, který lze nastavit pro každý vstup samostatně. Pomocí atributů lze u každého binárního vstupu definovat stav vstupu (hodnotu), časovou značku stavové změny (čas) a platnost stavu binárního vstupu (platný/neplatný stav) [1].

V Tab. 4.2 jsou uvedeny parametry binárních vstupů.

Tab. 4.2: Parametry binárních vstupů [1]

Typ napájecího modulu	PS1/240 V (High)	PS1/48 V (Medium), PS2/240 V	PS1/48 V (Low), PS2/48 V
Vstupní napětí, stejnosměrné napětí	220 V	110/125/220 V	24/48/60/110/125/ 220 V
Provozní rozsah, stejnosměrné napětí	155...265 V	80...265 V	18...265 V
Vstupní proud	~ 2...25 mA		
Spotřeba/vstup	< 0,8 W		
Frekvenční rozsah čítače impulsů (specifické binární vstupy)	0...100 Hz		
Časová synchronizace (specifické binární vstupy), četnost synchronizačních impulsů	Jeden impuls za minutu nebo jeden impuls za sekundu		

### 4.1.3 Binární výstupy

Terminál má více druhů binárních výstupů, které tvoří několik elektromechanických relé kontaktů. Dělí se podle spínací schopnosti kontaktů a rychlosti na [1]:

- Výkonový výstup (PO): především pro ovládání vypínače a odpojovače, jednopólový nebo dvoupólový kontakt
- Velmi rychlý výkonový výstup (HSPO): dvoupólový kontakt určený pro vypínací účely, ovládání vypínače a odpojovače

Tab. 4.3: Parametry výkonových výstupů PO [1]

Max. systémové napětí		250 V st/ss
Trvalá zatížitelnost		5 A
Spínací schopnost a zatížitelnost po dobu 0,5 s		30 A
Spínací schopnost a zatížitelnost po dobu 3 s		15 A
Rozpínací schopnost při časové konstantě ovládaného obvodu L/R<40 ms a pro 48/110/220 V ss		5 A/3 A/1 A
Minimální zatížení kontaktů		100 mA , 24 V st/ss (2,4 VA)
TCS (Kontrola vypínacího obvodu)	Rozsah ovládacího napětí	20...265 V st/ss
	Proud kontrolním obvodem	Přibližně 1,5 mA (0,99...1,72 mA)
	Minimální napětí na kontaktu (prahová úroveň)	20 V st/ss (15...20 V)

- Signalizační výstup (SO): kontakt s normální spínací schopností, nelze použít pro obvod ovládání vypínače, který znamená ovládání a spínání velké zátěže

Tab. 4.4: Parametry signalizačních výstupů SO [1]

Max. systémové napětí	250 V st/ss
Trvalá zatížitelnost	5 A
Spínací schopnost a zatížitelnost po dobu 0,5 s	10 A
Spínací schopnost a zatížitelnost po dobu 3 s	8 A
Rozpínací schopnost při časové konstantě ovládaného obvodu L/R < 40 ms a pro 48/110/220 V ss	1 A/0,25 A/0,15 A

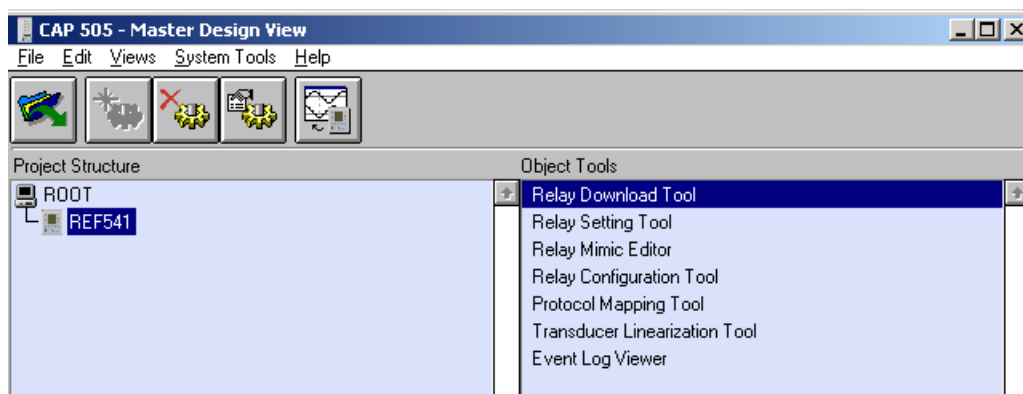
## 4.2 Software CAP505

K nastavení a programování terminálů REF54x je určen software CAP505, ve kterém lze naprogramovat celý projekt a následně ho nahrát do terminálu prostřednictvím rozhraní RS-232.

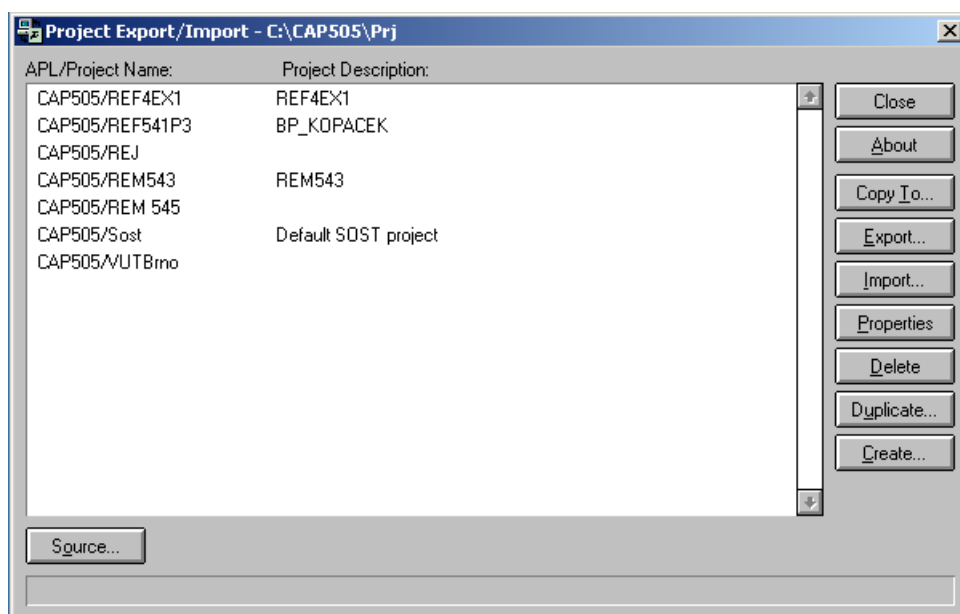
Po otevření programu se zobrazí okno Master Design View na Obr. 4.3, ve kterém lze provést základní nastavení a spuštění jednotlivých nástrojů.

Pro import nebo export projektu je potřeba otevřít **File→Organize Projects** viz Obr. 4.4. V tomto okně lze projekty také duplikovat, kopírovat, vytvářet a upravovat jejich vlastnosti.

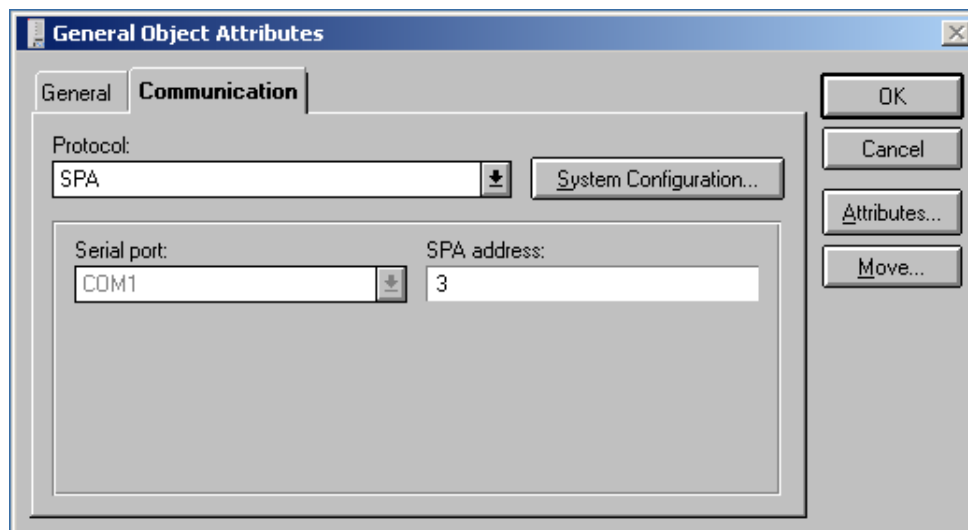
Pro správné nastavení příslušného terminálu je potřeba otevřít **Edit→Object Properties→Communication→Attributes**, zvolit **Select New** a vybrat správnou konfiguraci terminálu, podrobněji popsanou v kapitole 4.1.1. O úroveň níže v záložce **Communication** se dále nastaví pole **SPA address** příslušného terminálu (v našem případě číslo odpovídá označení pole). Většina nastavení (včetně SPA address) lze provést přímo na ovládacím panelu terminálu, avšak tento postup je oproti konfiguraci v CAP505 nepraktický a zdlouhavý.



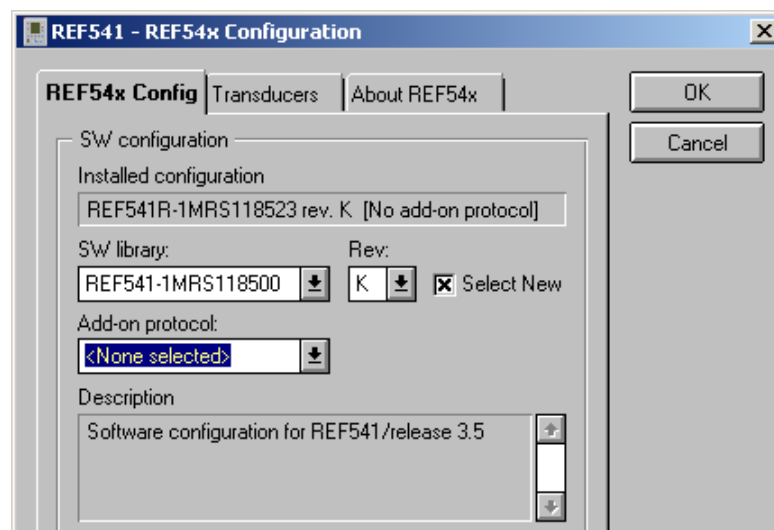
Obr. 4.3: Úvodní okno programu CAP 505



Obr. 4.4: Okno pro správu projektů



Obr. 4.5: Okno General Object Attributes



Obr. 4.6: Okno REF54x Configuration

### 4.2.1 Relay configuration tool

Mezi základní nástroje programu CAP505 patří nástroj Relay configuration tool, jehož okno je na Obr. 4.7, který slouží pro konfiguraci funkcí jednotlivých ochran, ovládání, monitorování, měření a vnitřní logiky terminálu.

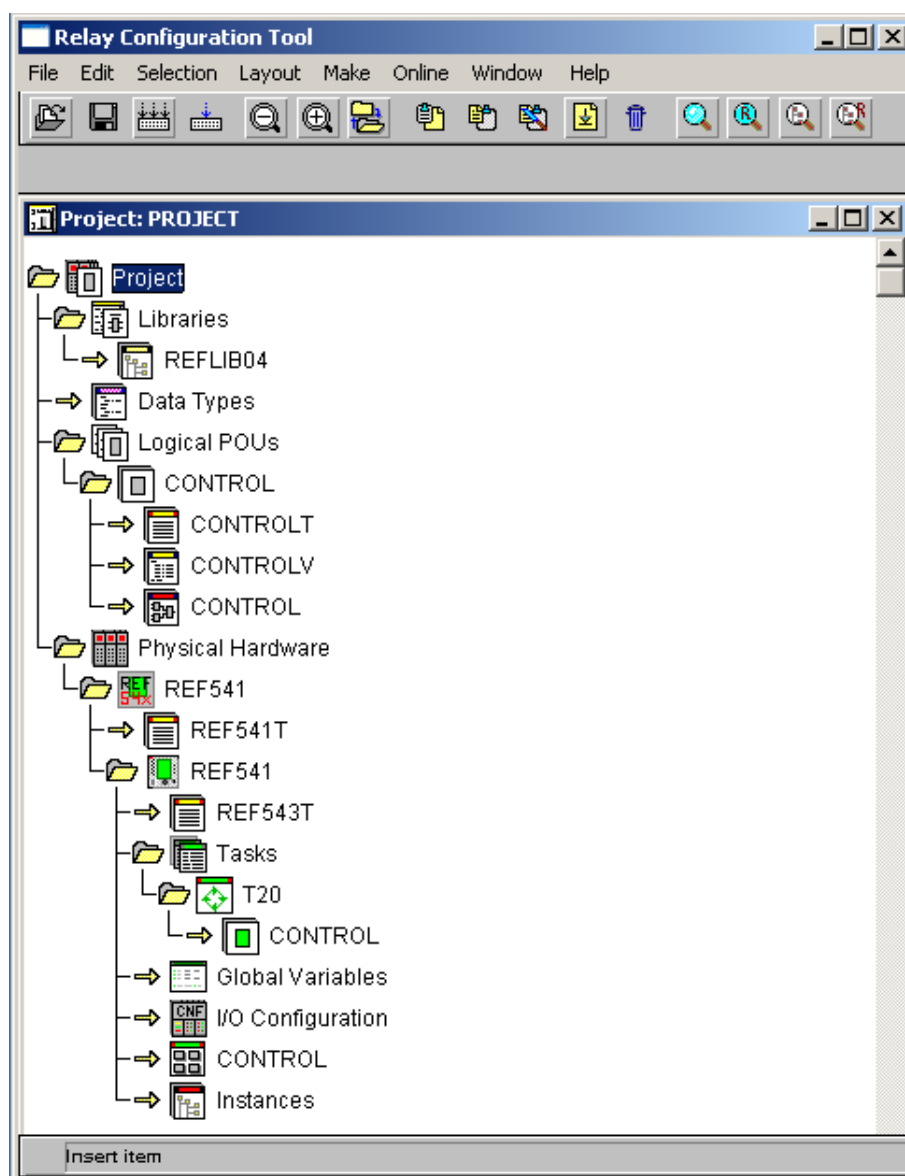
Zde se vytváří potřebné programy pro ovládání (zde **CONTROL**), měření a chránění. Po otevření **Project**→**Logical POU**s→**CONTROL**→**CONTROL** se zobrazí okno, ve kterém lze přímo programovat pomocí funkčních bloků, proměnných a funkcí, viz kapitola 5.3. Po úpravách je potřeba program zkompileovat stisknutím **Make**→**Build Project** nebo příslušné ikony.

Dále se v návaznosti na předchozí kapitolu v tomto nástroji nastavuje přesný typ terminálu a jeho procesoru v záložce **Physical Hardware**.

### Funkční bloky v programu CAP505

V Tab. 4.5 je rozepsán význam jednotlivých vstupů a výstupů funkčních bloků, použitých v této práci, kterými jsou:

- COCB - vypínač (Obr. 4.8a). Mezi jeho hlavní funkce patří ovládání, blokování, možnost indikace na displeji a sledování stavu daného přístroje.
- CODC - odpojovač (Obr. 4.8b). Jeho hlavní funkce jsou stejné jako u bloku vypínače.
- MMIWAKE - podsvícení (Obr. 4.8c). Blok slouží pro aktivaci podsvícení displeje terminálu.
- MMIALAR - alarm (Obr. 4.8c). Tímto blokem jsou ovládány programovatelné výstražné LED na přední straně terminálu.
- COIND - indikátor (Obr. 4.8d). Blok slouží pro indikaci dalšího přístroje, jehož zapnutý nebo vypnutý stav se zobrazí na displeji terminálu.



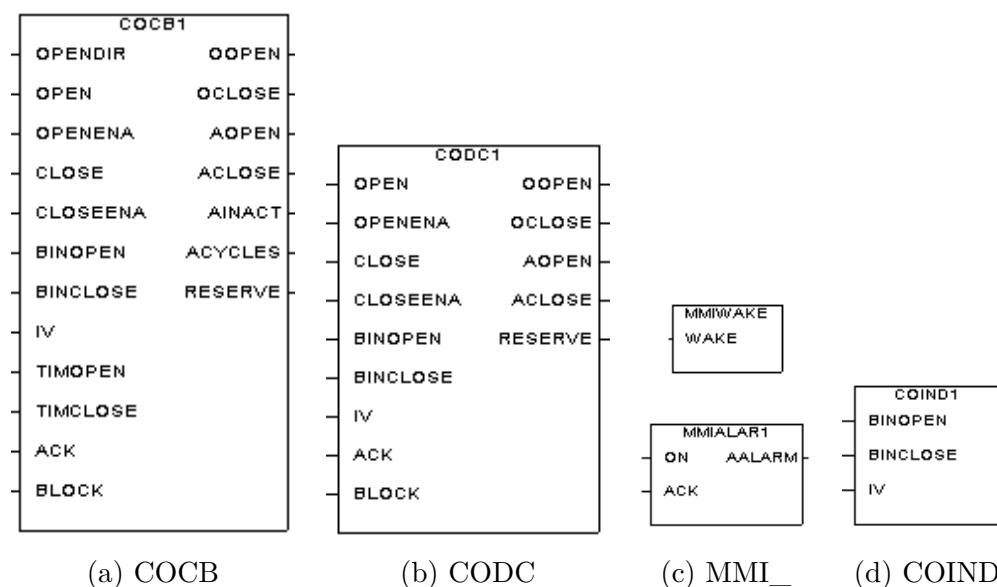
Obr. 4.7: Okno nástroje Relay Configuration Tool

Tab. 4.5: Popis logických vstupů a výstupů funkčního bloků [7]

Vstup/výstup	Popis	a	b	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	d
OPENDIR	Přímé vypnutí	•				
OPEN	Logický signál vypnout	•	•			
OPENENA	Povolení pro vypnutí	•	•			
CLOSE	Logický signál zapnout	•	•			
CLOSEENA	Povolení pro zapnutí	•	•			
BINOPEN	Stav objektu vypnuto	•	•			•
BINCLOSE	Stav objektu zapnuto	•	•			•
IV	Platnost stavu objektu	•	•			•
TIMOPEN	Délka impulzu pro vypnutí	•				
TIMCLOSE	Délka impulzu pro zapnutí	•				
ACK	Potvrzení alarmu	•	•		•	
BLOCK	Správa příkazů*	•	•			
WAKE	Aktivace podsvícení HMI			•		
ON	Aktivace alarmu				•	
OOPEN	Příkazový impulz vypnout	•	•			
OCLOSE	Příkazový impulz zapnout	•	•			
AOPEN	Čas vypínání - alarm	•	•			
ACLOSE	Čas zapínání - alarm	•	•			
RESERVE	Správa příkazů*	•	•			
AINACT	Čas bez aktivity - alarm	•				
ACYCLES	Čítač cyklů - alarm	•				
AALARM	Zvukový alarm				•	

Pozn.: a - COCD, b - CODC, c<sub>1</sub> - MMIWAKE, c<sub>2</sub> - MMIALAR, d - COIND

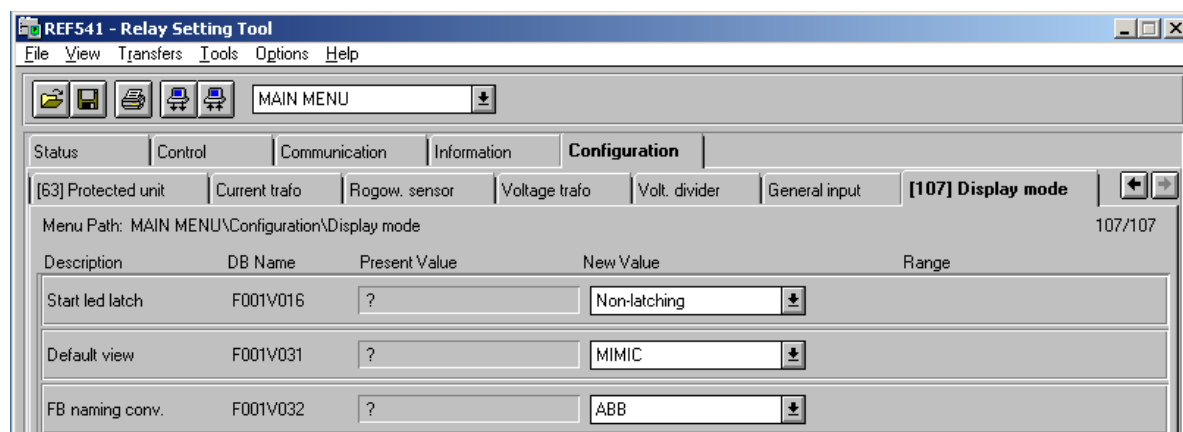
Pozn.: \* Používané pro horizontální komunikaci panelů



Obr. 4.8: Použité funkční bloky v programu CAP505

## 4.2.2 Relay setting tool

V nástroji Relay setting tool na Obr. 4.9 jsou nastavovány parametry funkčních bloků použitých v projektu. V reálných projektech je tento nástroj důležitý hlavně pro nastavení ochranných funkcí, ale pro tuto práci byl využit pouze pro nastavení výchozí obrazovky po spuštění terminálu pomocí položky **Default view**, viz již zmíněný obrázek.

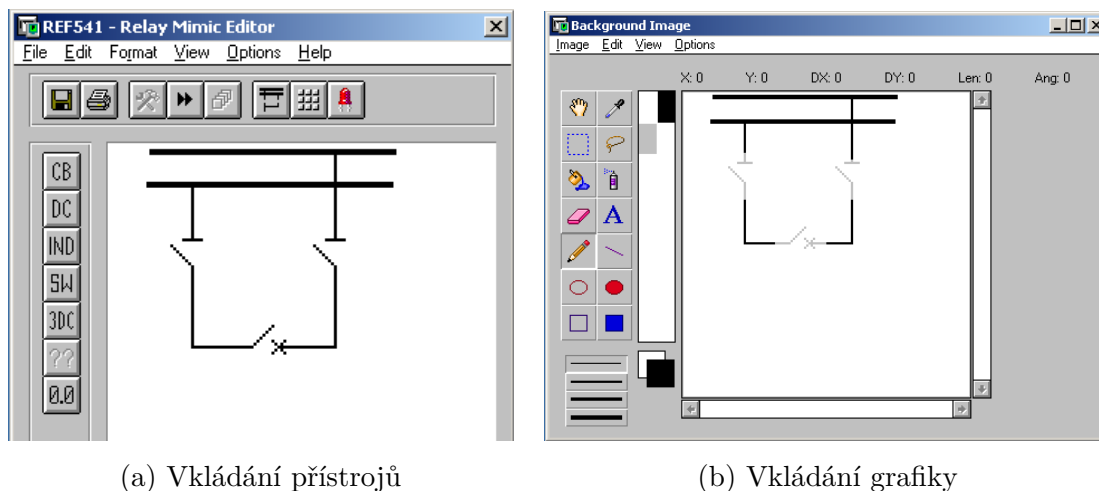


Obr. 4.9: Okno nástroje Relay Setting Tool



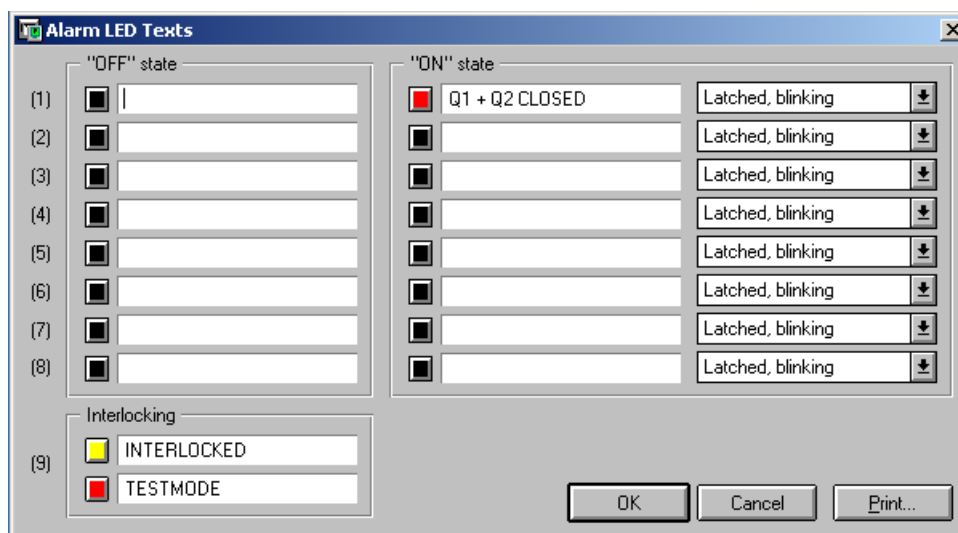
### 4.2.3 Relay mimic editor

V Relay mimic editoru je možno nastavit nejen funkční prvky (viz Obr. 4.10a), které se budou zobrazovat na displeji terminálu (vypínač, odpojovače, uzemňovač), ale i měřené hodnoty. Dále je možné po kliknutí na **Format**→**Background Image** funkční (dynamické) prvky propojit vodiči, dokreslit přípojnice a dopsat libovolný text (viz Obr. 4.10b).



Obr. 4.10: Ukázka nástroje Relay Mimic Editor

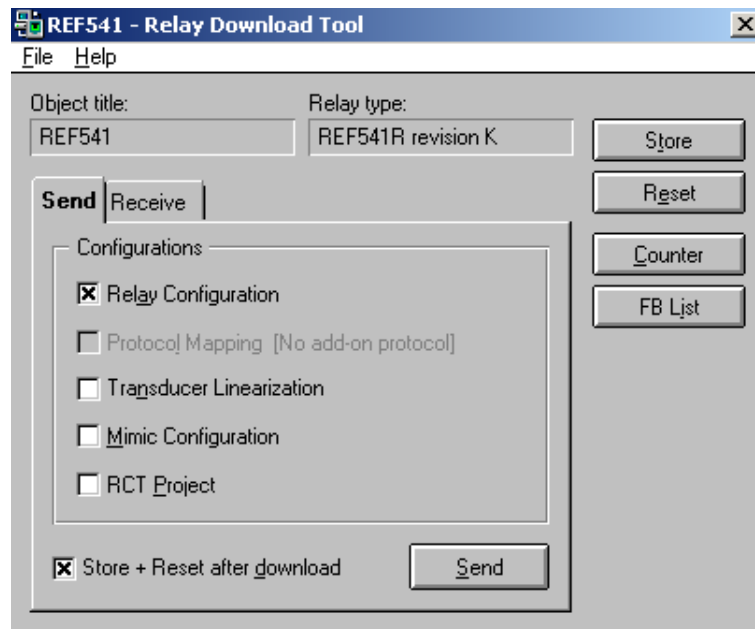
Pro konfiguraci LED diod je potřeba otevřít **Format**→**Alarm LED Texts**. V tomto okně (Obr. 4.11) lze nastavit nejen barva diod, ale i zobrazovaný text na displeji a charakter alarmu.



Obr. 4.11: Okno pro konfiguraci LED diod (alarm)

#### 4.2.4 Relay download tool

Pomocí nástroje Relay download tool na Obr. 4.12 lze naprogramované nastavení nahrát do terminálu nebo ho naopak z terminálu stáhnout. Rovněž lze zvolit, které všechny části programu nahrát do terminálu.



Obr. 4.12: Okno nástroje Relay Download Tool

## 4.3 Siemens LOGO

V modelu rozvodny s dvojitým systémem přípojníc jsou reálné přístroje (vypínač, odpojovač, uzemňovač) nahrazeny simulací, kterou zajišťuje programovatelný logický automat (PLC) Siemens LOGO! 230RCL. Na binární vstupy jsou přivedeny jednotlivé binární výstupy z terminálů REF54x, které dávají povel k vypnutí/zapnutí přístroje. Vnitřní logika modulu LOGO!, která respektuje také čas zapínání přístrojů, poté sepne jeho příslušný výstup (kontakt relé), čímž poskytne informaci terminálu o dokončené manipulaci přístroje (viz výkresová dokumentace =K10+WPLV/10). Sepnutí kontaktů se rovněž projeví na signalizaci pole. Tabulka zapojení binárních vstupů a výstupů vývodového pole se nachází ve výkresové dokumentaci na str. =K10+WPLV/19.

Modul spojuje tyto funkce [4]:

- Řízení
- Ovládací panel
- Napájecí zdroj
- Rozhraní pro rozšiřovací moduly
- Předprogramované základní funkce (např. zpožděné zapnutí/vypnutí)
- Časovače
- Digitální a analogové příznaky
- Vstupy a výstupy podle typu zařízení

Parametry logického modulu použitého v modelu jsou [4]:

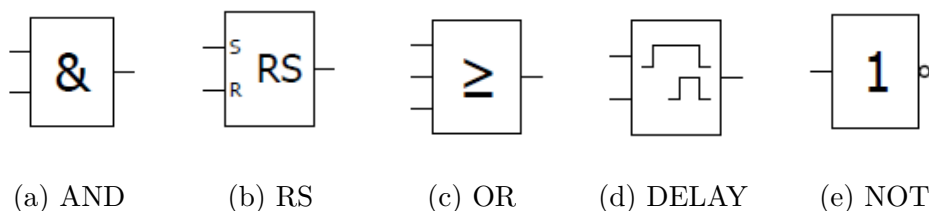
- Napětí 115/230 V AC
- Maximální proud na výstupních relé 10 A (8 A při 230 V AC)
- 12 binárních vstupů
- 8 výstupů (relé)

Logo! bylo již v minulosti pro potřeby nového modelu přeprogramováno. Pro úplnost rozboru modelu je na obrázcích níže uvedeno naprogramování vnitřní logiky. Tabulka k identifikaci vstupů a výstupů je k dispozici ve výkresové dokumentaci na str. =K10+WPLV/19. Význam logických členů je uveden na Obr. 4.13. Pro upřesnění principu funkčního bloku RS je v Tab. 4.6 uvedena jeho pravdivostní tabulka.

Logický obvod na Obr. 4.14 slouží k ovládání výstupu Q1 (CB OPENED - vypínač vypnutý). Na vstupu S (set) logického členu RS je negovaná proměnná I9 (uměle vytvořená logická 0). Za stavu, kdy na vstupu R (reset) je logická nula, je tedy na výstupu Q1 logická 1 - vypínač vypnutý. Tento stav je změněn, když se na vstupu

Tab. 4.6: Pravdivostní tabulka logického členu RS [4]

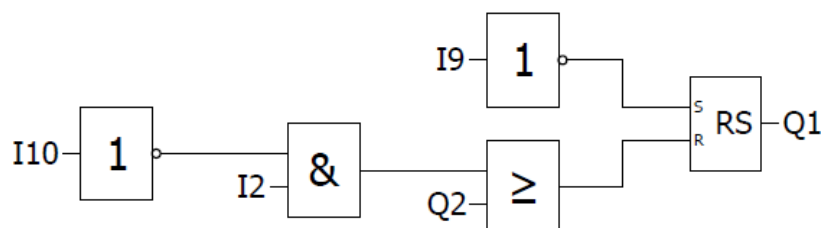
S	R	Q	Funkce
0	0	x	Stav se nezmění
0	1	0	Reset
1	0	1	Set
1	1	0	Reset má prioritu



Obr. 4.13: Použité logické členy v programu CAP505 [4]

R objeví logická 1. To nastane v jednom z následujících dvou případů:

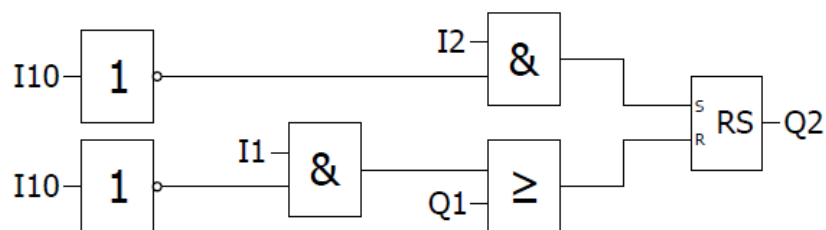
1. Vypínač zapnutý
  - $Q2 \equiv 1$  (CB CLOSED)
2. Iniciován pokyn k zapnutí vypínače, jeho pružina je nabita
  - $I2 \equiv 1$  (CB CLOSE)
  - $I10 \equiv 0$  (CB SPRING DISCHARGE)



Obr. 4.14: LOGO! program pro vypínač - stav vypnuto

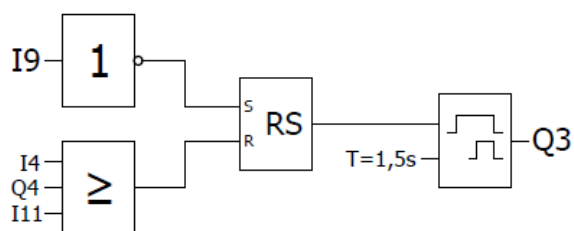
K ovládání výstupu Q2 (CB CLOSED - vypínač zapnutý) slouží logický obvod na Obr. 4.15. Na vstupu R je připojena stejná logická struktura jako v předchozím příkladu, s proměnnými opačných stavů. Na vstupu S je připojen stejný logický člen AND, který je v předchozím příkladu připojen přes člen OR na vstup R.

Na Obr. 4.16 je logický obvod pro simulaci stavu odpojovače. Na vstupu S logic-

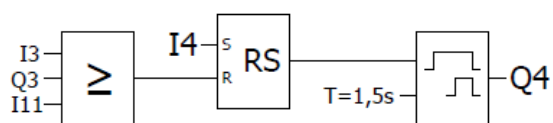


Obr. 4.15: LOGO! program pro vypínač - stav zapnuto

kého členu RS je negovaná proměnná I9 (uměle vytvořená logická 0). Za stavu, kdy na vstupu R je logická nula, je tedy na výstupu Q3 logická 1 - odpojovač vypnutý. Tento stav je změněn, když se na vstupu R objeví logická 1, iniciována z jedné ze tří proměnných I4 (Q1 CLOSE), Q4 (Q1 CLOSED), I11 (FLEETING CONTACT). Obr. 4.17 opět jako u vypínače demonstruje opačný stav - odpojovač zapnutý.



Obr. 4.16: LOGO! program pro odpojovač - stav vypnuto



Obr. 4.17: LOGO! program pro odpojovač - stav zapnuto

# Část II

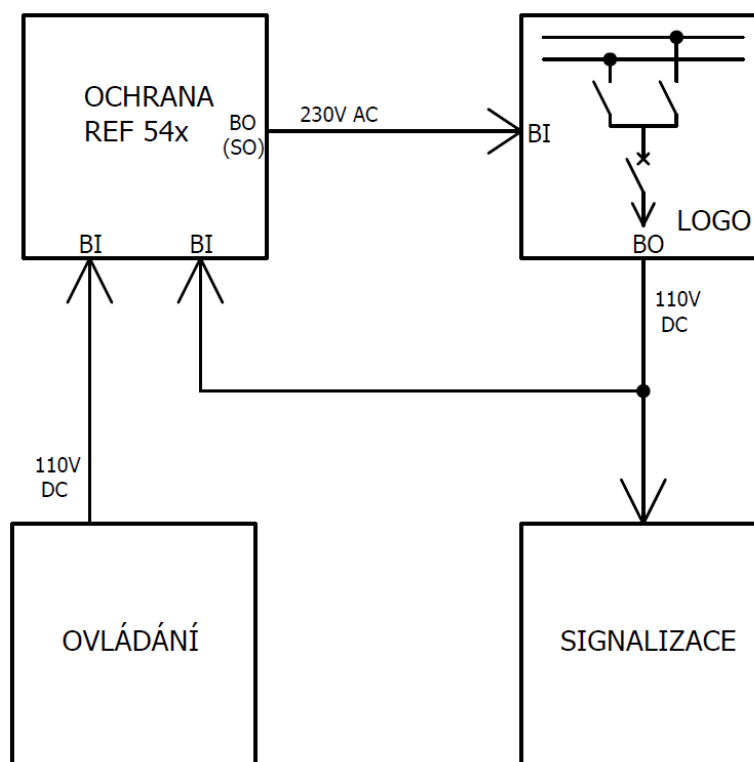
## Praktická část

## 5 MODEL ROZVODNY S DVOJITÝM SYSTÉMEM PŘÍPOJNIC

### 5.1 Výchozí stav a popis plánované přestavby

Stávající model rozvodny je vytvořen jako rozvodna s jednoduchou přípojnici, ve které je jedno přívodní a tři vývodové pole. Zapojení neumožňuje promítnutí blokování do ovládacího panelu a probíhá pouze v ochranném terminálu. Při zakázané manipulaci tak terminál ochrany signalizuje blokování, ale na panelu signalizace se manipulace projeví nezávisle na blokování. Původní panely navíc obsahují další ochranné terminály REF542 plus, které již dále nebudou využívány kvůli jejich odlišné a komplikované konfiguraci.

Nový model rozvodny s dvojitými přípojnici bude zbaven veškerých obvodů terminálů REF542 plus a bude zapojený tak, aby na signalizačním panelu byl zobrazen aktuální stav, který je v souladu s blokováním v terminálu ochrany. V modelu rozvodny se budou nacházet 3 odbočky (vývody) a 1 příčný spínač přípojníc. Blokové schéma jednoho pole nového modelu je znázorněno na Obr. 5.1. Blok LOGO nezastupuje celou odbočku, ale pouze její přístroje (odpojovač, uzemňovač, vypínač).



Obr. 5.1: Blokové schéma pole pro model rozvodny

Na hotovém modelu bude možno demonstrovat nejen blokování jednotlivých manipulací v rámci jednoho pole, ale rovněž blokování v rámci celého modelu rozvodny. To vyžaduje vzájemné propojení polí mezi sebou.

## 5.2 Popis změn v zapojení

Aby bylo dosaženo požadavků na funkce modelu, bylo potřeba provést následující změny v zapojení, které budou popsány na ovládacích obvodech vybraného prvku, který reprezentuje i ostatní ekvivalentní změny na dalších prvcích.

V každém poli byly nejprve odstraněny veškeré obvody vyřazené ochrany REF542 plus. Tímto byl uvolněn velký počet svorek a došlo k celkovému zpřehlednění zapojení. Zároveň byly ale přerušeny některé cesty pro měření veličin, které řeší kapitola 5.2.4.

### 5.2.1 Vývodové pole

V příloze A na str. 67 je příklad původního zapojení zapínacího obvodu uzemňovače, který mohl být ovládán jak terminálem, tak tlačítky přímo. Bylo tedy možné uzemňovač sepnout i v případě, kdy by jinak tuto manipulaci zakazovaly blokovací podmínky. Dle blokového schématu na Obr. 5.1 byl první kontakt tlačítka přepojen ze svorky XX:210 (s potenciálem 230 V AC) do svorky XX:113 (s potenciálem 110 V DC), viz výkresová dokumentace str. =K10+WPLV/11, z důvodu potřeby stejnosměrného napětí na binárních vstupech terminálu. Druhý kontakt tlačítka byl původně ve svorce XX:262, jejíž potenciál byl přiveden na binární vstup do LOGA. Aby byly provozní manipulace jištěny blokovacími podmínkami, bylo nutné potenciál tlačítka přivést na binární vstup do terminálu ochrany, do svorky XI2:7 (binární vstup REF543 BIO2\_7\_BI9).

Jelikož původní model byl koncipován jako rozvodna s jednoduchou přípojnici, bylo nutné pro druhý odpojovač  $Q_2$  druhé přípojnice přidat dvě nová tlačítka SET,SES a novou signalizační kontrolku H8. K připojení tlačítek byla využita svorka XX:112 (s potenciálem 110 V DC). Potenciál je dále přiveden na binární vstupy terminálu přes svorky XI2:5,6. Pro kontrolku stavu odpojovače  $Q_2$  (closed/open) byly využity dřívější kontrolky Fleeting contact alarm a Plug out viz příloha A str. 68.



Tab. 5.1: Změny ve vývodovém poli (ovládání a signalizace)

Prvek	Ze svorky	Z		Do svorky	Do
CB CLOSE	XX:254	LOGO I:2	→	XI2:10	PS1_4_BI2
	XX:204	230V AC	→	XX:117	110V DC
CB OPEN	KA22:13	230V AC	→	XI2:9	PS1_4_BI1
	KA22:14	LOGO I:1	→	XX:117	110V DC
Q <sub>1</sub> CLOSE (SEQ)	XX:260	LOGO I:4	→	XI2:4	BIO2_7_BI6
	XX:208	230V AC	→	XX:111	110V DC
Q <sub>1</sub> OPEN (SEP)	XX:258	LOGO I:3	→	XI2:3	BIO2_7_BI5
	XX:206	230V AC	→	XX:110	110V DC
ES CLOSE (SEC)	XX:264	LOGO I:6	→	XI2:8	BIO2_7_BI10
	XX:212	230V AC	→	XX:114	110V DC
ES OPEN (SEO)	XX:262	LOGO I:5	→	XI2:7	BIO2_7_BI9
	XX:210	230V AC	→	XX:113	110V DC
Q <sub>2</sub> CLOSE (SET) nový vodič	SET:14	TLAČÍTKO	↔	XI2:6	BIO2_7_BI8
	SES:13	110V DC	↔	SET:13	110V DC
Q <sub>2</sub> OPEN (SES) nový vodič	SES:14	TLAČÍTKO	↔	XI2:5	BIO2_7_BI7
	XX:112	110V DC	↔	SES:13	110V DC
SIGNALIZACE H8	H4:1	FLEETING C.	→	H8:R	Q <sub>2</sub> OPEN
Q <sub>1</sub> OPEN/CLOSE	H6:1	PLUG OUT	→	H8:G	Q <sub>2</sub> CLOSE
SIGNALIZACE H9 nový vodič	XX:168	SPARE	→	XX:121	110V DC
	XX:73	SPARE	↔	H9:1	H9
	XX:59	PS1_4_BI1	→	XX:73	H9
	H5:2	SIGNAL. DC(-)	→	H9:2	110V DC(-)

Pozn.: → - změna svorky, ↔ - nový vodič ze/do svorky

## 5.2.2 Pole příčného spínače přípojnic

Pole příčného spínače přípojnic je od výroby odlišné než vývodové pole a bylo již dříve několikrát modifikováno, proto zde byla všechna důležitá spojení preventivně proměřena. Díky tomu bylo modifikované zapojení zmapované a mohly být provedeny další změny. Pole je narozdíl od všech ostatních osazeno terminálem REF541, který nedisponuje tak velkým počtem binárních vstupů a výstupů. Pro splnění očekávané funkčnosti proto musely být využity i vstupy, které byly dříve využívány jinak a které nebyly pro další použití modelu důležité (např. CB plug not inserted, CB spring discharged, ITH limiters, MCB trip).

Výhoda změny původního vývodového pole na příčný spínač spočívala v tom, že nemusela být dodatečně instalována nová tlačítka pro nový odpojovač. Bylo použito

ovládání a signalizace dřívějšího uzemňovače, který je v příčném spínači zbytečný. Nemůže zde totiž dojít k situaci zpětného toku proudu do pole, protože neexistuje žádné takové spojení, kterým by proud tekł.

Na základě stejných důvodů jako ve vývodových polích je níže popsána změna na zapínacích obvodech odpojovače  $Q_1$ . První kontakt tlačítka byl přepojen ze svorky XX:208 (potenciál 230V AC) do svorky XX:109 na požadovaný potenciál 110V DC. Druhý kontakt byl přepojen ze svorky XX:260 (binární vstup LOGO) do svorky XX:16 (binární vstup REF541 BIO1-5-BI8). Podle stejného vzoru jsou dále přepojena všechna tlačítka pro ovládání myšlených přístrojů v modelu rozvodny.

Tab. 5.2: Změny v poli příčného spínače přípojníc (ovládání)

Prvek	Ze svorky	Z		Do svorky	Do
CB CLOSE	XX:254	LOGO I:2	→	XI2:10	PS1_4_BI2
	XX:204	230V AC	→	XX:117	110V DC
CB OPEN	KA22:13	230V AC	→	XI2:9	PS1_4_BI1
	KA22:14	LOGO I:1	→	XX:117	110V DC
$Q_1$ CLOSE	XX:260	LOGO I:4	→	XX:16	BIO1_5_BI8
	XX:208	230V AC	→	XX:109	110V DC
$Q_1$ OPEN	XX:258	LOGO I:3	→	XX:22	BIO1_5_BI11
	XX:206	230V AC	→	XX:112	110V DC
$Q_2$ CLOSE	XX:264	LOGO I:6	→	XX:20	BIO1_5_BI10
	XX:212	230V AC	→	XX:111	110V DC
	XX:19		↔	XX:20	
$Q_2$ OPEN	XX:262	LOGO I:5	→	XX:18	BIO1_5_BI9
	XX:210	230V AC	→	XX:110	110V DC
	XX:17		↔	XX:18	

Pozn.: → - změna svorky, ↔ - rozpojení svorek

### 5.2.3 Logické propoje polí

Jednotlivá pole musí být mezi sebou propojena nejen napájecími obvody (viz výkresová dokumentace na str. =K09+ICL/1), ale i dalšími kabelovými spojeními, aby bylo možné informovat o stavu pole příčného spínače přípojníc terminály ostatních polí a blokovat případné nedovolené manipulace na těchto polích. Aby byla zajištěna bezpečnost i při poruše ochrany nebo uvolnění některého z kontaktů, musí být manipulace vždy povolovány a ne zakazovány. Kdyby byly zakazovány, v případě poruchy stav zákazu zmizí a terminál vyhodnotí tento stav jako povolený. V opačném případě nenastane změna a zůstane zachována bezpečnost, protože stav nedostane povolení.

Vzájemná komunikace polí bude probíhat pomocí logických propojů mezi poli na binární úrovni. Terminály REF54x sice nabízí některé druhy sériové komunikace, které jsou ale zastaralé a komplikované. Pro tento účel se dnes využívá komunikace GOOSE prostřednictvím protokolu IEC 61850.

Manipulace příčného spínače přípojníc a vývodů musejí být blokovány dle blokovacích podmínek viz kapitola 3. Příčný spínač nesmí být sepnut v případě, že na některém z vývodů jsou sepnuty oba odpojovače zároveň. Při vypnutí příčného spínače přípojníc by totiž mohlo dojít k situaci, že na odpojovači by při rozepínání byl rozdílný potenciál. Blokování příčného spínače z pohledu všech vývodů bylo tedy zajištěno kabelovou smyčkou skrz celou rozvodnu. Napájena je 110V DC z pole příčného spínače a vede logickými propoji XI2 přes vývody zpátky do příčného spínače do binárního vstupu terminálu REF541 PS1\_4\_BI3, který je připojen na záporný potenciál 110V DC. V jednotlivých vývodových polích je pak tato cesta spojena nebo rozpojena binárními výstupy BIO2\_7\_P01. Pokud je splněna podmínka, že nejsou v jednom vývodovém poli sepnuty oba odpojovače zároveň, je binární výstup sepnut a pokud je tato podmínka splněna na všech vývodech, objeví se binární 1 na vstupu do terminálu REF541 v příčném spínači přípojníc, která znamená povolení manipulací. Zapojení logických propojů je zakresleno ve výkresové dokumentaci na straně =K09+ICL/2.

Informaci o tom, jestli je příčný spínač zapnutý potřebujeme pro povolení manipulace na vývodovém poli, pokud chceme sepnout naráz dva odpojovače a pro indikaci stavu pole příčného spínače přípojníc. Do svorky XI2:12 je v poli příčného spínače zapojen binární výstup, který v případě jeho zapnutého stavu připojí na logický propoj 110V DC, čímž se na binárních vstupech BIO1\_5\_BI12 ve vývodových polích objeví binární 1. Podobně tomu je při vypnutém stavu. Operacemi s logickými proměnnými se věnuje kapitola 5.3.

Všechny změny zapojení, které se vztahují na logické propoje jsou zaznamenány v tabulkách níže.

Tab. 5.3: Změny pro zajištění vzájemné komunikace polí - příčný spínač přípojníc

Prvek	Ze svorky	Z		Do svorky	Do
Blokování PSP	XI2:11	CBFP	→	XI2:14	PS1_4_BI3
	XX:177	IRF	↔	XX:178	-
	XX:163	INTERCONN.	→	XX:113	110V DC
Blokování vývodů (PSP CLOSED)	XX:146	DC(-)	→	XX:268	PS1_4_SO1
	XX:214	230V AC	→	XX:118	110V DC
	XX:267	-	↔	XX:268	-
Blokování vývodů (PSP OPENED)	XI2:11	INTERCONN.	↔	XX:59	BIO1_5_SO6
	XX:168	INTERCONN.	→	XX:119	110V DC
	XX:58	-	↔	XX:59	-

Pozn.: → - změna svorky, ↔ - rozpojení svorek, ↔ - nový vodič ze/do svorky

Tab. 5.4: Změny pro zajištění vzájemné komunikace polí - vývod

Prvek	Ze svorky	Z		Do svorky	Do
Blokování PSP	XX:165	INTERCONN.	→	XX:173	XI2:1
	XX:163	INTERCONN.	→	XX:173	BIO2_7_PO1
	XX:177	-	↔	XX:178	-
Blokování vývodů (PSP CLOSED)	XX:146	DC(-)	→	XX:70	BIO1_5_BI12

Pozn.: → - změna svorky, ↔ - rozpojení svorek

## 5.2.4 Měřicí obvody

Jelikož byly panely navrženy a zapojeny se dvěma terminály (REF54x a REF542 plus), došlo při demontáži a odpojení obvodů REF542 plus k přerušení některých spojů měření proudu. Tyto změny by neovlivnily funkce modelu, které řeší tato práce, ale pro budoucí využití by tato přerušená spojení mohla být zdrojem problémů.

Z přílohy A na str. 69 je patrné, že proudová cesta původně vedla z měřicích svorek U, V, W přes relé nejprve do terminálu REF542 plus, ze které vede teprve přes terminál REF54x zpátky do měřicí svorky N. Po demontáži terminálu REF542 plus byla tedy cesta přerušena. Aby byly měřicí obvody proudu zachovány, bylo zapotřebí propojit svorky XA:9,10,11 přímo s kontakty relé KA3:51,61,71 a svorky XA:12 a XA:13 níže. Nové zapojení je implementováno do nové výkresové dokumentace na

listech =K10+WPLV/23 a =K11+WPLV/21.

## 5.3 Konfigurace terminálů REF

Na základě úprav zapojení jednotlivých polí bylo potřeba dále pro zachování funkčnosti a jejího rozšíření změnit konfiguraci terminálů ochran. Využit k tomu byl program CAP505, jehož popis a ovládání je uvedeno v kapitole 4.2. Nové projekty vznikly úpravou původních nebo již částečně změněných neúplných konfigurací.

Dle významu jednotlivých vstupů a výstupů funkčních bloků přístrojů (Tab. 4.5) a blokovacích podmínek (kapitola 3) byly sestaveny následující programy.

### 5.3.1 Vývodové pole

#### Vypínač

Program pro ovládání vypínače lze vidět na Obr. 5.2. Na vstupy funkčního bloku COCB vypínače OPEN a CLOSE jsou přivedeny proměnné PS1\_4\_BI1 a PS1\_4\_BI2, což jsou binární vstupy terminálu připojené na signál tlačítek k vypnutí a zapnutí vypínače (viz výkresová dokumentace modelu na str. =K10+WPLV/12). Stisknutí daného tlačítka přivede na binární vstup napětí, což se v programu projeví jako logická 1 na dané proměnné, která je přivedena na vstup funkčního bloku.

K povolení manipulací zapnout/vypnout slouží vstupy CLOSEENA/OPENENA. Jedná se o bezpečný způsob blokování pomocí povolení, jak už bylo vysvětleno v kapitole 5.2.3. Na vstup OPENENA (povolení vypnutí) je přivedena logická hodnota TRUE neboli logická 1. Vypnutí vypínače totiž musí být povoleno vždy. Zapnutí musí být ale blokováno vůči několika nepovoleným manipulacím. Na Obr. 5.2 je na vstupu CLOSEENA (povolení zapnutí) logický člen OR, do kterého vstupují 4 logické členy AND, tedy zapnutí může nastat za těchto 4 situací, které jsou (na daných binárních vstupech se objeví logická 1):

1. Odpojovač 1 zapnutý, uzemňovač a odpojovač 2 vypnutý
  - Q<sub>1</sub> CLOSED (BIO1\_5\_BI4)
  - Q<sub>2</sub> OPENED (BIO1\_5\_BI7)
  - E/S OPENED (BIO1\_5\_BI5)
2. Odpojovač 2 zapnutý, uzemňovač a odpojovač 1 vypnutý
  - Q<sub>1</sub> OPENED (BIO1\_5\_BI3)
  - Q<sub>2</sub> CLOSED (BIO1\_5\_BI8)
  - E/S OPENED (BIO1\_5\_BI5)
3. Odpojovače 1,2 vypnuté, uzemňovač zapnutý
  - Q<sub>1</sub> OPENED (BIO1\_5\_BI3)

- Q<sub>2</sub> OPENED (BIO1\_5\_BI7)
  - E/S CLOSED (BIO1\_5\_BI6)
4. Odpojovače 1,2 zapnuté, uzemňovač vypnutý
- Q<sub>1</sub> CLOSED (BIO1\_5\_BI4)
  - Q<sub>2</sub> CLOSED (BIO1\_5\_BI8)
  - E/S OPENED (BIO1\_5\_BI5)

Pokud je manipulace povolena, příkaz k zapnutí/vypnutí je realizován pomocí výstupů funkčního bloku, na které jsou připojeny proměnné velmi rychlých výkonových výstupů terminálu (HSPO). Na výstupu OOPEN je připojena proměnná PS1\_4\_HSPO1. Logická 1 na výstupu sepne kontakty relé uvnitř terminálu a tím vydá pokyn k vypnutí vypínače. Zapnutí funguje na stejném principu, kdy na výstupu OCLOSE je připojena proměnná PS1\_4\_HSPO3.

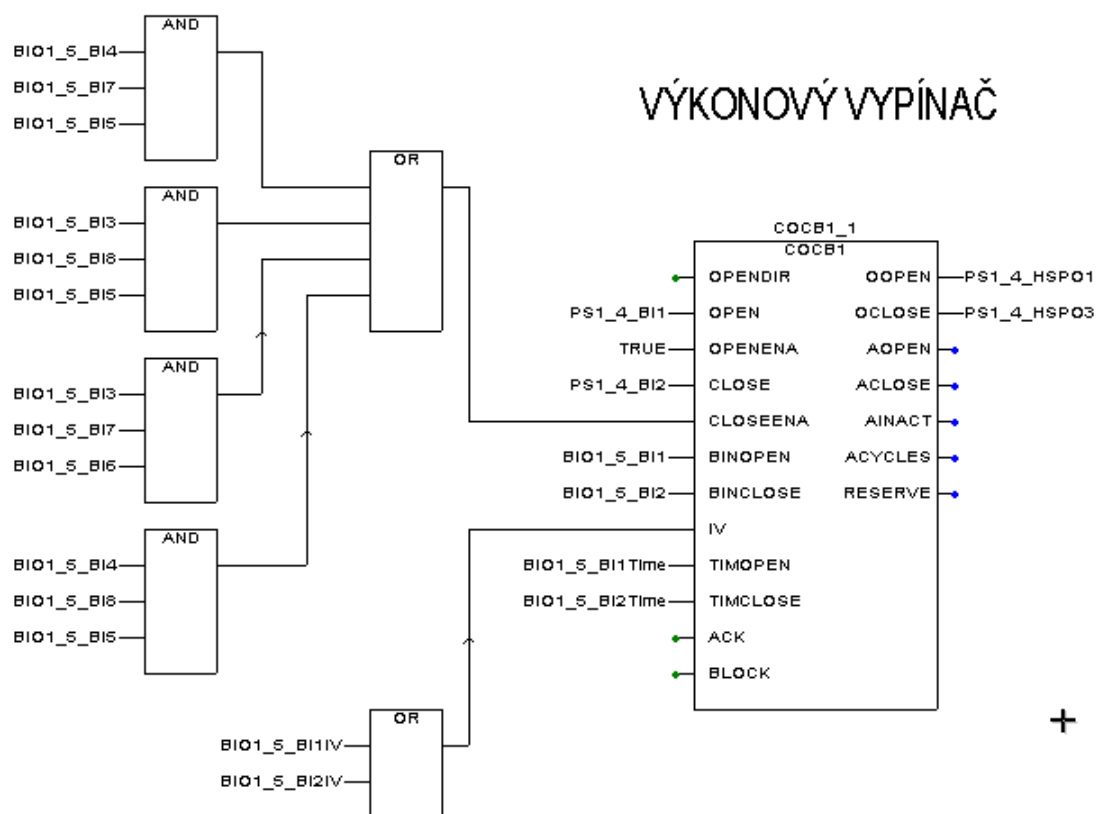
Po vykonání manipulace je potřeba zpětná vazba pro terminál, zdali manipulace proběhla. K tomuto účelu slouží vstupy BINOPEN/BINCLOSE, na které jsou připojené proměnné BIO1\_5\_BI1/BIO1\_5\_BI2. V případě změny stavu je na vstup přiveden signál, který znamená nový ustálený stav vypnuto/zapnuto. Pro kontrolu platnosti těchto stavů (jejich signálů) jsou zavedeny proměnné BIO1\_5\_BI1IV/BIO1\_5\_BI2IV, které jsou připojeny na vstup IV.

Kromě připojení výše uvedených proměnných na vstup IV výrobce dále doporučuje vždy připojit proměnné BIO1\_5\_BI1Time/BIO1\_5\_BI2Time na vstupy TIMOPEN/TIMCLOSE, a to z důvodu zajištění přesnosti měření časových údajů, které tak nezávisí na reakční době funkčních bloků.

## Odpojovač

Program pro ovládání odpojovače 1 lze vidět na Obr. 5.3. Podle stejného principu je sestaven i program pro druhý odpojovač, kde jsou dosazeny stavové proměnné prvního odpojovače místo druhého. Rovněž jako u vypínače jsou na vstupy funkčního bloku odpojovače (CODC) OPEN a CLOSE přivedeny proměnné BIO2\_7\_BI5 a BIO2\_7\_BI6, což jsou binární vstupy terminálu připojené na signál tlačítek k vypnutí a zapnutí odpojovače (viz výkresová dokumentace na str. =K10+WPLV/11). Stisknutí daného tlačítka přivede na binární vstup napětí, což se v programu projeví jako logická 1 na dané proměnné, která je přivedena na vstup funkčního bloku.

K povolení manipulací zapnout/vypnout slouží opět vstupy CLOSEENA/OPE-NENA. Zde na rozdíl od vypínače platí pro povolení zapnutí a vypnutí stejné blokové podmínky, viz kapitola 3, což je vidět i na Obr. 5.3. Na tomto obrázku je vidět, že aby byly manipulace zapnutí/vypnutí povoleny, musí být splněny 4 skupiny logických obvodů. Tuto podmínku zajišťuje logický člen AND, do kterého vedou výstupy z dvou logických členů OR, které budou dále popsány, a další dva z členů NOT,



Obr. 5.2: Program pro ovládání vypínače

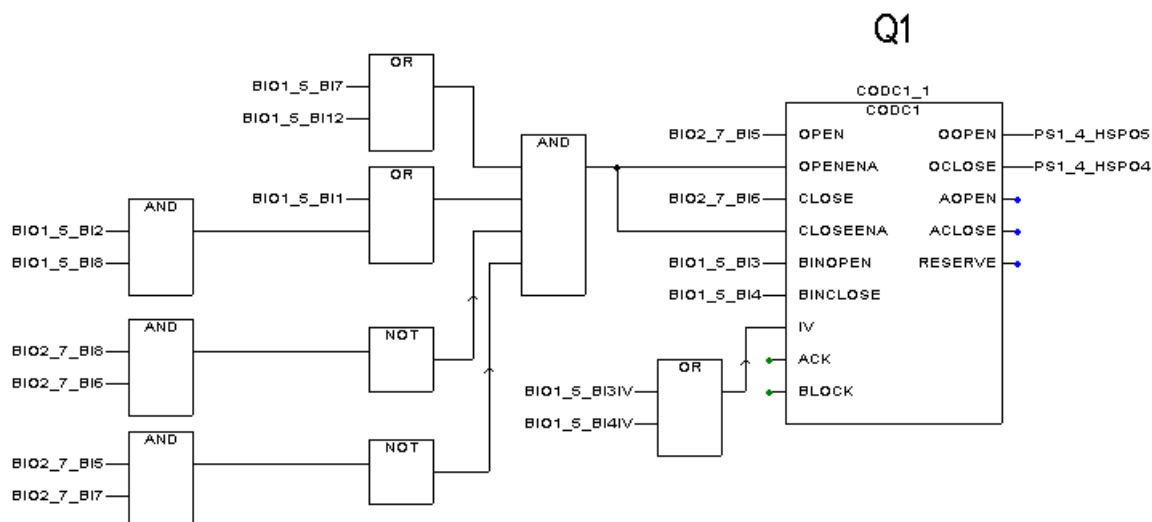
kterým se věnuje kapitola 5.4. V závislosti pouze na prvních dvou členech (OR), jejichž výstupy vedou do logického AND, mohou nastat následující situace povolení manipulací odpojovače 1:

1. Odpojovač 2 vypnutý, vypínač vypnutý
  - Q<sub>2</sub> OPENED (BIO1\_5\_BI7)
  - CB OPENED (BIO1\_5\_BI1)
2. Příčný spínač přípojníc (PSP) zapnutý, vypínač a odpojovač 2 zapnutý
  - PSP CLOSED (BIO1\_5\_BI12)
  - CB CLOSED (BIO1\_5\_BI2)
  - Q<sub>2</sub> CLOSED (BIO1\_5\_BI8)
3. Příčný spínač zapnutý, vypínač vypnutý
  - PSP CLOSED (BIO1\_5\_BI12)
  - CB OPENED (BIO1\_5\_BI1)

Příkaz k zapnutí/vypnutí je stejně jako u vypínače realizován pomocí výstupů funkčního bloků, na které jsou připojeny proměnné výstupů terminálu. Na výstupu OOPEN je připojena proměnná PS1\_4\_HSP05. Logická 1 na výstupu sepne kontakty relé uvnitř terminálu a tím vydá pokyn k vypnutí odpojovače (Q<sub>1</sub> OPEN

COMMAND). Zapnutí funguje na stejném principu, kdy na výstupu OCLOSE je připojena proměnná PS1\_4\_HSPO4 (Q1 CLOSE COMMAND).

Zpětná vazba pro terminál je opět zajištěna vstupy BINOPEN/BINCLOSE, na které jsou připojené proměnné BIO1\_5\_BI3/BIO1\_5\_BI4. V případě změny stavu je na vstup přiveden signál, který znamená nový ustálený stav vypnuto/zapnuto.



Obr. 5.3: Program pro ovládání odpojovače

## Uzemňovač

Program pro ovládání uzemňovače lze vidět na Obr. 5.4. Na vstupy funkčního bloku uzemňovače (CODC) OPEN a CLOSE jsou přivedeny proměnné PS1\_4\_BI1 a PS1\_4\_BI2, což jsou, stejně jako u předchozích bloků, binární vstupy terminálu připojené na signál tlačítek k vypnutí a zapnutí vypínače, viz výkresová dokumentace modelu na str.=K10+WPLV/11.

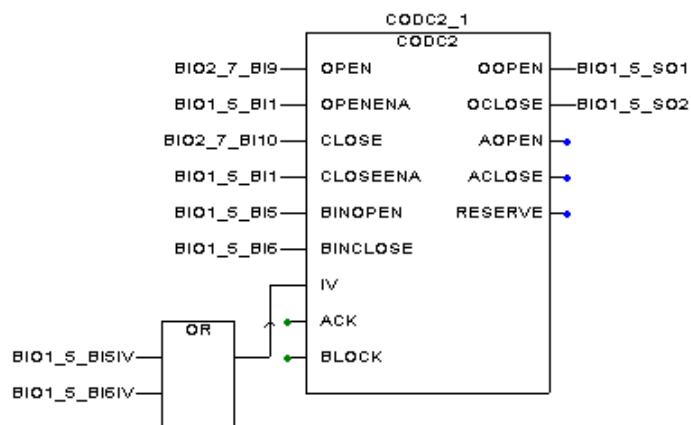
Na vstupech OPENENA/CLOSEENA je připojená proměnná BIO1\_5\_BI1, což je binární vstup terminálu REF připojený na výstup Q:1.2 z PLC LOGO!, který simuluje vypnutý stav vypínače. Uzemňovač lze tedy zapnout a vypnout pouze v případě, když je vypínač vypnutý. Blokování vypnutí je zde realizováno z důvodu absence vývodového odpojovače. Ten by totiž ve vypnutém stavu umožnil servisní a testovací manipulace a opravy na vypínači a odpojovačích při zapnutém uzemňovači, viz kapitola 3.1. Jelikož zde vývodový odpojovač není, je toto bezpečnostní opatření nahrazeno blokováním vypnutí uzemňovače.

Na výstupy příkazů zapnutí a vypnutí OOPEN/OCLOSE jsou připojeny proměnné výstupů terminálu REF BIO1\_5\_SO1 (E/S OPEN COMMAND), BIO1\_5\_



SO2 (E/S CLOSE COMMAND) a na vstupy BINOPEN/BINCLOSE proměnné BIO1\_5\_BI5/BIO1\_5\_BI6, které nesou informace o stavu přístroje.

## UZEMŇOVAČ



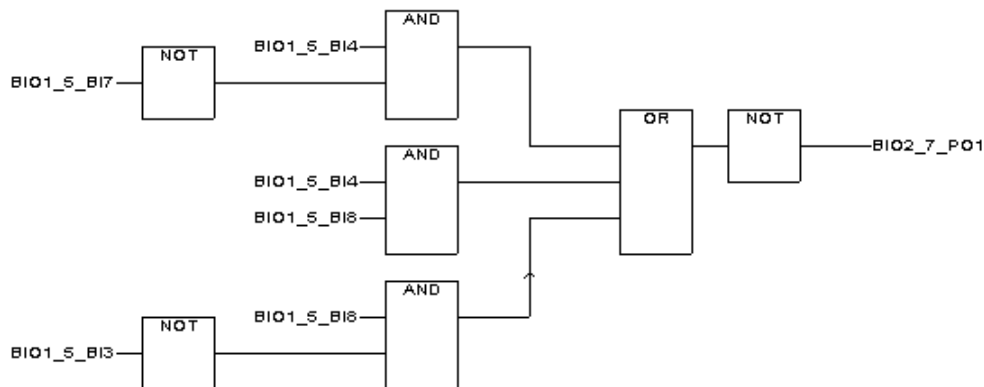
Obr. 5.4: Program pro ovládání uzemňovače

### Blokování pole příčného spínače přípojníc a indikace jeho stavu

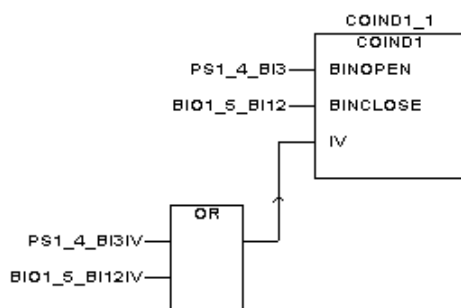
V kapitole 5.2.3 je popsáno vzájemné zapojení polí za účelem jejich blokování. Situace byla vyřešena zapojením do smyčky přes všechna pole, viz výkresová dokumentace na str. =K09+ICL/2. Z logiky na Obr. 5.5 vyplývá, že za situace, kdy nebudou v žádném poli naráz sepnuty dva odpojovače (proměnné BIO1\_5\_BI4, BIO1\_5\_BI8, připojené do prostředního členu AND, nemají současně logickou hodnotu 1), bude hodnota proměnné binárního výstupu BIO2\_7\_PO1 logická 1 (kontakt sepnutý). Za této podmínky je smyčka uzavřená a tudíž jsou manipulace s příčným spínačem povoleny. V případě, že podmínka není splněna v kterémkoliv poli, smyčka se přeruší a manipulace není povolena.

Další dva (krajní) logické členy AND byly doplněné až po testování a zabývá se jimi kapitola 5.4.

Díky realizovanému zapojení logických propojů XI2:11 a XI2:12 dle kapitoly 5.2.3, jehož hlavní důvod je blokování manipulací ve vývodových polích, lze indikovat stav pole příčného spínače přípojníc přímo na displeji terminálů vývodových polí, viz Obr. 5.6. Umožňuje to obsluhu lepší informovanost o stavu příčného spínače přípojníc a tudíž jsou i při selhání blokovacího systému minimalizovány chybné manipulace. Zároveň tato indikace nabízí vysvětlení ve chvíli, kdy se obsluha snaží provést manipulaci, která je blokována.



Obr. 5.5: Program pro blokování příčného spínače přípojnic

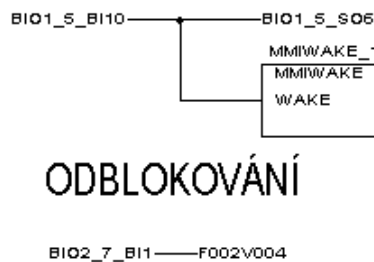


Obr. 5.6: Program pro indikaci stavu příčného spínače přípojnic

## Ostatní

Jelikož podsvícení displeje terminálů je výrobcem přednastaveno na určitou krátkou dobu po zapnutí nebo zmáčknutí tlačítka na terminálu, nabízí se k jeho snadné a dostupné aktivaci využít funkční blok MMIWAKE, viz Obr. 5.7. Na jeho vstupu je připojena proměnná BIO1\_5\_BI10, což je binární vstup terminálu, na který je připojeno tlačítko, umístěné na ovládacím panelu terminálu. Binární výstup BIO1\_5\_SO6 je zde připojen pouze jako ukázka signalizace a je připraven pro budoucí využití.

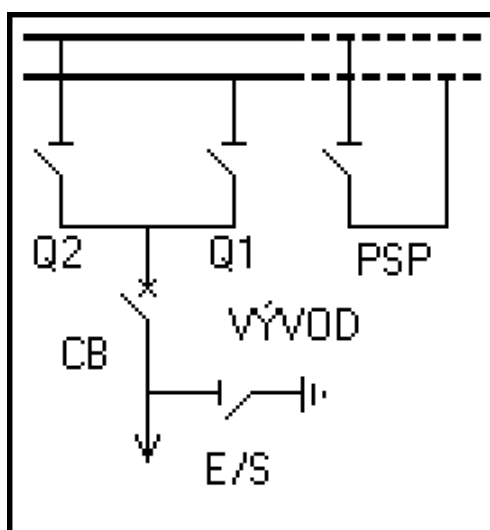
Pro potřeby servisu a testování manipulací v rozvodně, lze využít funkci F002V004, která slouží pro celkové vyřazení blokování daného pole. Po přivedení logické 1 na tuto funkci (pomocí proměnné BIO2\_7\_BI1 - binárního vstupu terminálu, na který je připojen přepínač SS6, viz výkresová dokumentace na str. =K10+WPLV/10) lze provádět kterékoliv manipulace nezávislé na pořadí a blokování.



Obr. 5.7: Program pro odblokování terminálu a aktivace podsvícení displeje

## MIMIC

Mimic grafika pro vývodové pole je znázorněna na Obr. 5.8. Pro lepší informovanost a přehled o rozvodně byl do schématu daného pole přidán i indikátor stavu pole příčného spínače přípojnic. Vytvoření a úpravy MIMIC grafiky jsou shrnuty v kapitole 4.2.3.



Obr. 5.8: MIMIC vývodového pole

### 5.3.2 Pole příčného spínače přípojnic

Níže jsou popsány funkční bloky použité v ovládání pole příčného spínače přípojnic. Jelikož jsou již v kapitole 5.3.1 detailně popsány vstupy OPEN/CLOSE, BINOPE-N/BINCLOSE, OOPEN/OCLOSE, IV, TIMOPEN/TIMCLOSE funkčních bloků vývodového pole, nebudou již dále popisovány i v následujícím poli. Jedná se totiž

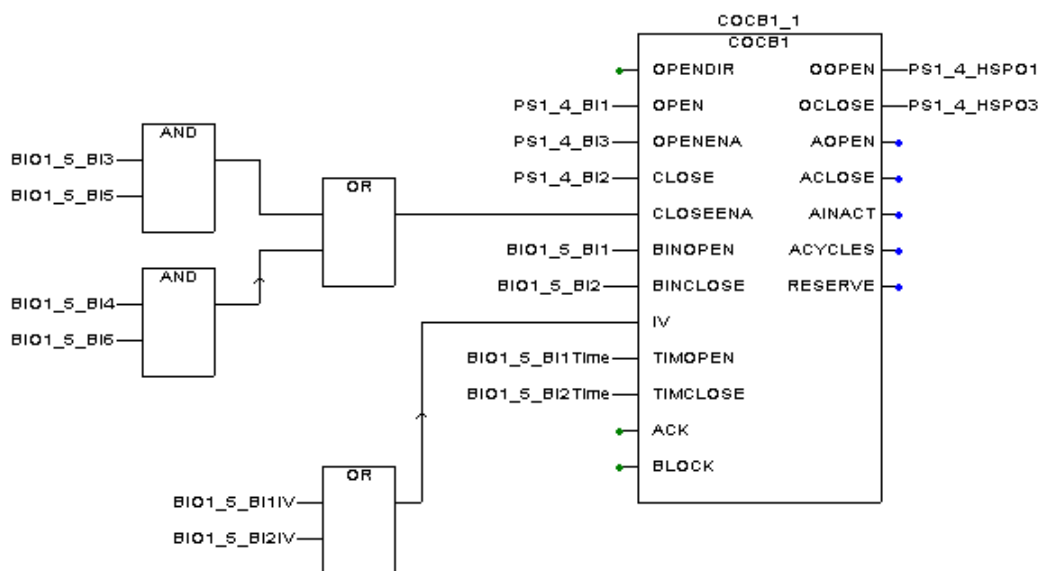
o stejný funkční princip a lze ho vyčíst z příložené výkresové dokumentace modelu a obrázků níže.

## Vypínač

Funkční blok COCB zastupující vypínač na Obr. 5.9 má na vstupu CLOSEENA logický člen OR, která má na vstupu dva logické členy AND. Zapnutí vypínače je tedy možné za některé z těchto dvou podmínek:

1. Odpojovač 1 vypnutý, odpojovač 2 vypnutý
  - Q<sub>1</sub> OPENED (BIO1\_5\_BI3)
  - Q<sub>2</sub> OPENED (BIO1\_5\_BI5)
2. Odpojovač 1 zapnutý, odpojovač 2 zapnutý
  - Q<sub>1</sub> CLOSED (BIO1\_5\_BI4)
  - Q<sub>2</sub> CLOSED (BIO1\_5\_BI6)

Pokud jsou vypínač a odpojovače příčného spínače přípojníc zapnuty, lze dle kapitoly 5.3.1 zapnout oba přípojnícové odpojovače vývodového pole za účelem změny přípojnice naráz. V této chvíli je ale potřeba dle blokovacích podmínek v kapitole 3 zablokovat (nepovolit) manipulace s příčným spínačem přípojníc do té doby, než nebude v rozvodně žádné takové pole, ve kterém by zároveň byly sepnuty oba přípojnícové odpojovače. Situace je vyřešena zapojením do smyčky (kapitola 5.2.3) a přivedením proměnné PS1\_4\_BIO3 na vstup OPENENA.

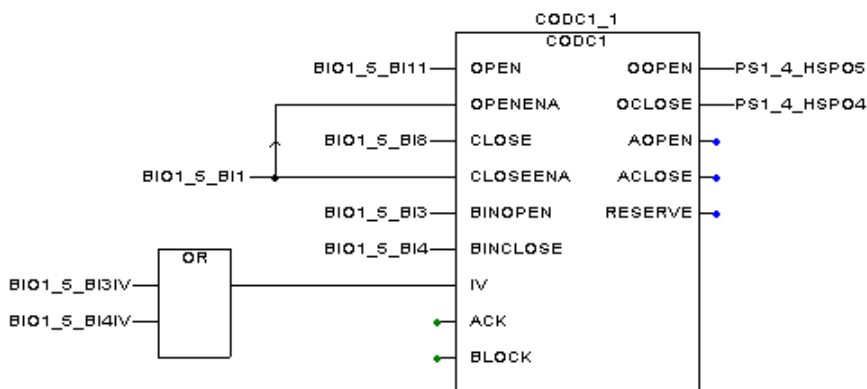


Obr. 5.9: Program pro ovládání vypínače

## Odpojovač

Na Obr. 5.10 je ukázka programu pro ovládání odpojovače  $Q_1$  příčného spínače přípojníc. Dle stejného principu je ovládán i druhý odpojovač.

Zapnutí a vypnutí odpojovače je podmíněno vypnutým stavem vypínače. Proto je na vstupech OPENENA/CLOSEENA připojena proměnná BIO1\_5\_BI1 (CB OPENED).



Obr. 5.10: Program pro ovládání odpojovače

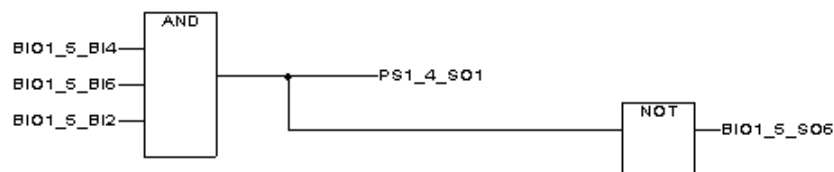
## Blokování vývodového pole

Aby bylo možné povolit manipulaci s druhým odpojovačem vývodového pole, když je příčný spínač zapnutý, je potřeba informaci o tomto stavu předat do vývodových polí pomocí programu na Obr. 5.11 a logických propojů XI2:11 a XI2:12, jak už bylo zmíněno při popisu vývodového pole na str. 49 a v kapitole 5.2.3. Logická 1 se díky sepnutému kontaktu binárního výstupu PS1\_4\_SO1 v příslušném propoji (viz výkresová dokumentace str. =K09+ICL/2) pro stav zapnuto (PSP CLOSED) objeví v případě, že je splněna podmínka zapnutého stavu vypínače a obou odpojovačů příčného spínače přípojníc (logický člen AND):

- $Q_1$  CLOSED (BIO1\_5\_BI4)
- $Q_2$  CLOSED (BIO1\_5\_BI6)
- CB CLOSED (BIO1\_5\_BI2)

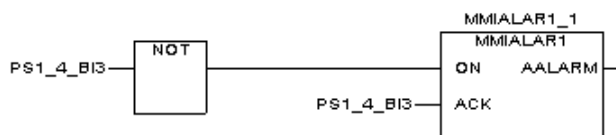
V opačném případě, se logická 1 objeví na výstupu BIO1\_5\_SO6, který slouží pro indikaci vypnutého stavu příčného spínače přípojníc (PSP OPENED).

Na Obr. 5.12 je program pro indikaci stavu odpojovačů vývodových polí, který je řešený jako alarm. Realizován je zde jako pojistka pro případ selhání blokování a pro informaci obsluze rozvodny v případě zablokované manipulace. V případě, kdy



Obr. 5.11: Program pro blokování vývodových polí

je příčný spínač přípojníc zapnutý<sup>1</sup> a v některém vývodovém poli jsou zapnuté oba přípojnícové odpojovače naráz, je tento stav indikován pomocí alarmu na displeji terminálu.



Obr. 5.12: Indikace stavu vývodových polí

## MIMIC

Zobrazení přístrojového uspořádání pole na displeji terminálu bylo vyřešeno, viz obrázek 5.13. Pro lepší orientaci a ovládání byly jednotlivé přístroje popsány a navíc byl doplněn i název pole.

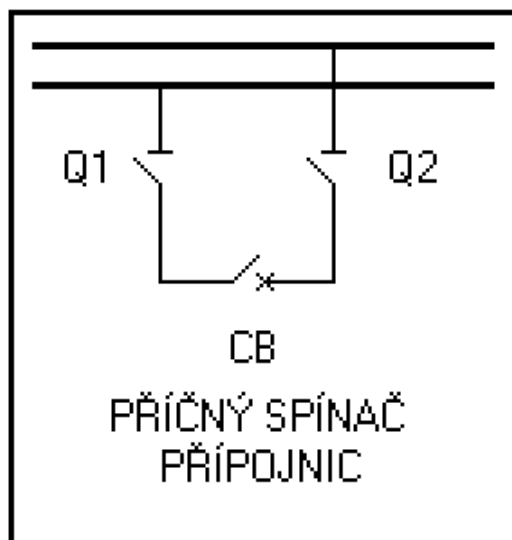
## 5.4 Testování a dodatečné úpravy

V předchozích odstavcích jsou popsány konfigurace, které byly nahrány do terminálů dle kapitoly 4.2.4. Po odzkoušení bylo zjištěno několik nežádoucích projevů konfigurace.

### 5.4.1 Ovládání odpojovačů vývodového pole

Nejvýznamnější z nich byla možnost zapnutí obou přípojnícových odpojovačů v jednom vývodovém poli při stisknutí jejich ovládacích tlačítek naráz. Pole se tak dostalo nejen do zakázaného blokováného stavu, ale bylo i nadále zablokováno dalším

<sup>1</sup>Stav, kdy příčný spínač přípojníc spojuje přípojnice (všechny přístroje v zapnutém stavu.)



Obr. 5.13: MIMIC příčného spínače přípojnic

manipulacím. Pravděpodobně to bylo způsobeno reakčním zpožděním mezi stisknutím tlačítka a reálnou změnu stavu v systému. Pro eliminaci tohoto jevu byly na logický člen AND, připojený na vstupy funkčního bloku OPENENA A CLOSE-ENA, navázány další dva negované<sup>2</sup> členy AND, viz Obr. 5.3. První logický člen AND má na vstupu proměnné BIO2\_7\_BI8 a BIO2\_7\_BI6, což jsou proměnné binárních vstupů terminálů, na které jsou připojené vývody z tlačítek pro zapnutí odpojovačů. Podobně tomu je pro druhý logický člen AND, kde jsou na jeho vstup připojeny proměnné tlačítek pro vypnutí odpojovačů. Současné stisknutí tlačítek pro zapnutí nebo vypnutí se tak v nejbližším členu AND k funkčnímu bloku projeví logickou 0 a tudíž není povolena žádná manipulace.

#### 5.4.2 Blokování příčného spínače přípojnic v závislosti na reálném stavu odpojovačů

Další kritický moment nadcházel v případě zapnutého spínače přípojnic, což znamená povolení pro manipulaci s druhým odpojovačem vývodového pole. Ve chvíli, kdy byl dán pokyn k zapnutí druhého odpojovače, bylo možné vypnout příčný spínač do té doby, než terminál zaznamenal nový stav odpojovače (kontakt v pohybu). Rozvodna byla tak ve stavu, který odporuje blokovacím podmínkám. Řešení tohoto problému je uvedeno na Obr. 5.5. Byly přidány dva nové logické členy AND, které zabráňují tomu, aby byla povolena manipulace s příčným spínačem přípojnic ve

<sup>2</sup>Negace byla provedena pomocí členů NOT z důvodu větší přehlednosti konfigurace. Negaci je možno provést i přímo na výstupech logických členů AND.

chvíli, kdy je kontakt přípojnicového odpojovače vývodového pole v pohybu. Dva nové logické členy AND tedy doplňují blokování příčného spínače (viz str. 49) těmito dvěma podmínkami:

1. Odpojovač 1 zapnutý, kontakt odpojovače 2 v pohybu
  - Q<sub>1</sub> CLOSED (BIO1\_5\_BI4)
  - Q<sub>2</sub> OPENED (BIO1\_5\_BI7 - negovaný)
2. Odpojovač 2 zapnutý, kontakt odpojovače 1 v pohybu
  - Q<sub>2</sub> CLOSED (BIO1\_5\_BI8)
  - Q<sub>1</sub> OPENED (BIO1\_5\_BI3 - negovaný)

### 5.4.3 Nové popisové štítky

Po přidání další přípojnice do celého modelu a jednotlivých ovládacích prvků pro tuto přípojnici bylo potřeba doplnit i popisové štítky ovládacích prvků na ovládacím a signalizačním panelu. Jelikož při proběhlých laboratorních úlohách dělaly studentům problém popisky ovládání v angličtině, bylo doporučeno vytvořit nové v českém jazyce. Na samolepící fólii byl na laserové tiskárně natisknut nový potisk, který je přiložen v práci jako příloha B. Díky tomu, že přestavba na dvoupřípojnicový systém byla náročná na některé binární vstupy a výstupy terminálů, bylo odpojeno několik ovládacích prvků, které nebyly důležité pro budoucí využití modelu, viz výkresová dokumentace. Tyto prvky byly na modelu zanechány pro jiné budoucí využití a přestavby s popisem „REZERVA“.



## 6 LABORATORNÍ ÚLOHA

# Konfigurace terminálů v rozvodně s dvojitým systémem přípojníc

### 6.1 Zadání

1. Seznamte se s modelem rozvodny s dvojitým systémem přípojníc a s výkresovou dokumentací.
2. Nakreslete dle výkresové dokumentace základní funkční blokové schéma jednoho pole rozvodny a popište ho vyučujícím.
3. Navrhněte a doplňte logické obvody do prázdných vstupů a výstupů funkčních bloků vývodového pole v programu CAP505 v souladu s blokovacími podmínkami.
4. Navrhněte a doplňte logické obvody do prázdných vstupů a výstupů funkčních bloků pole příčného spínače přípojníc v programu CAP505 v souladu s blokovacími podmínkami.
5. Konfigurace nahrajte do terminálů a otestujte, zdali jsou nepovolené manipulace blokovány.
6. Vytiskněte finální konfiguraci a zformulujte blokovací podmínky jednotlivých přístrojů dle vzoru v kapitole 6.2.1.

### 6.2 Teoretický úvod

#### 6.2.1 Blokování v rozvodnách VN

Abychom zajistili bezpečnost osob a nedopustili poškození zařízení nebo jeho činnosti, jsou provozní manipulace vázány blokovacími podmínkami. Kromě ohrožení bezpečnosti osob nesmí dojít k přetížení některé části rozvodny, musí být dodržena vypínací schopnost všech přístrojů a nesmí být zhoršena selektivita obvodů. Blokovací podmínky tak tvoří vazbu mezi přístroji a patří mezi ně tyto základní požadavky [6]:

- Manipulace s odpojovači není dovolena, pokud na jejich kontaktech je nebo by se mohlo objevit napětí
- Odpojovače nesmí trvale samy spojovat příčně dělené přípojnice
- Na pomocnou přípojnici může být připojena pouze jedna odbočka
- Vypínač nesmí jít zapnout, jestliže odpojovače odbočky jsou v mezipoloze

Pro lepší objasnění blokovacích podmínek bude podrobněji popsáno schéma rozvodny na Obr. 6.1. Místo dlouhých slovních vyjádření je volen zápis pomocí logických proměnných, kde [6]:

$\overline{X}$  je logická proměnná s hodnotou 1 (**zapnutý** stav přístroje X)  
 $\underline{X}$  je logická proměnná s hodnotou 1 (**vypnutý** stav přístroje X)  
 $\overline{X} \equiv \underline{X}$  je logická proměnná s hodnotou 0 (přístroj v **mezipoloze**)  
 $vyp(X)$  je logická proměnná s hodnotou 1/0 (vypnutí X **povoleno/nepovoleno**)  
 $zap(X)$  je logická proměnná s hodnotou 1/0 (zapnutí X **povoleno/nepovoleno**)

Pomocí základních blokovacích podmínek (požadavků) formulovaných výše jsou nyní sestaveny následující logické podmínky pro blokování myšlené rozvodny na Obr. 6.1 [6]:

1. Přípojnicové odpojovače vývodové odbočky V (obdobně i pro druhou přípojnici)

$$zap(Q1v) \equiv (\underline{CBv} \cdot \underline{Q2v} + \overline{Q1p} \cdot \overline{Q2p} \cdot \overline{CBp} \cdot \overline{Q2v}) \quad (6.1)$$

$$vyp(Q1v) \equiv (\underline{CBv} \cdot \underline{Q2v} + \overline{Q1p} \cdot \overline{Q2p} \cdot \overline{CBp} \cdot \overline{Q2v}) \quad (6.2)$$

2. Přípojnicové odpojovače příčného spínače přípojníc (obdobně i pro druhou přípojnici)

$$zap(Q1p) \equiv \underline{CBp} \quad (6.3)$$

$$vyp(Q1p) \equiv \underline{CBp} \quad (6.4)$$

3. Vývodový odpojovač odbočky V

$$zap(Q3v) \equiv \underline{CBv} \cdot \underline{Q4v} \cdot \underline{ESv} \quad (6.5)$$

$$vyp(Q3v) \equiv \underline{CBv} \quad (6.6)$$

4. Odpojovač pomocné přípojnice odbočky V

$$zap(Q4v) \equiv \underline{ESv} \cdot \underline{CBs} \cdot \underline{Q4x} \quad (6.7)$$

$$vyp(Q4v) \equiv \underline{CBs}, \quad (6.8)$$

kde  $Q4x$  značí všechny ostatní odpojovače pomocné přípojnice na dalších odbočkách, které nejsou znázorněny na Obr. 6.1.

5. Uzemňovač

$$zap(ESv) \equiv \underline{Q3v} \cdot \underline{Q4v} \quad (6.9)$$

$$vyp(ESv) \equiv 1 \quad (6.10)$$

6. Vypínač odbočky V a S

$$zap(CBv) \equiv (\overline{Q1v} + \underline{Q1v}) \cdot (\overline{Q2v} + \underline{Q2v}) \cdot (\overline{Q3v} + \underline{Q3v}) \quad (6.11)$$

$$zap(CBs) \equiv (\overline{Q1s} + \underline{Q1s}) \cdot (\overline{Q2s} + \underline{Q2s}) \cdot (\overline{Q4v} + \underline{Q4v}) \quad (6.12)$$

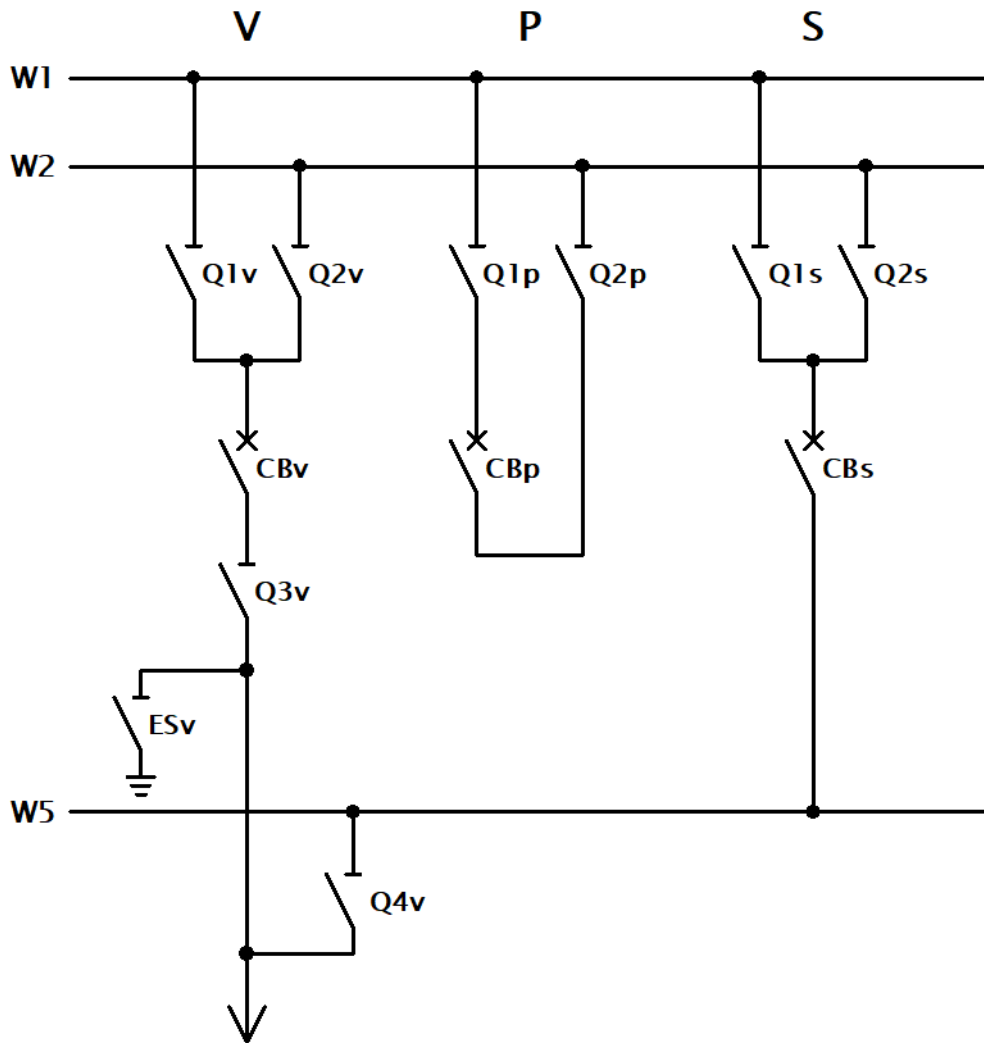
$$vyp(CBv) \equiv 1 \quad (6.13)$$

$$vyp(CBs) \equiv 1 \quad (6.14)$$

7. Vypínače příčného spínače přípojnic

$$zap(CBp) \equiv (\overline{Q1p} + \underline{Q1p}) \cdot (\overline{Q2p} + \underline{Q2p}) \quad (6.15)$$

$$vyp(CBp) \equiv \underline{Q1v} + \underline{Q2v} \quad (6.16)$$

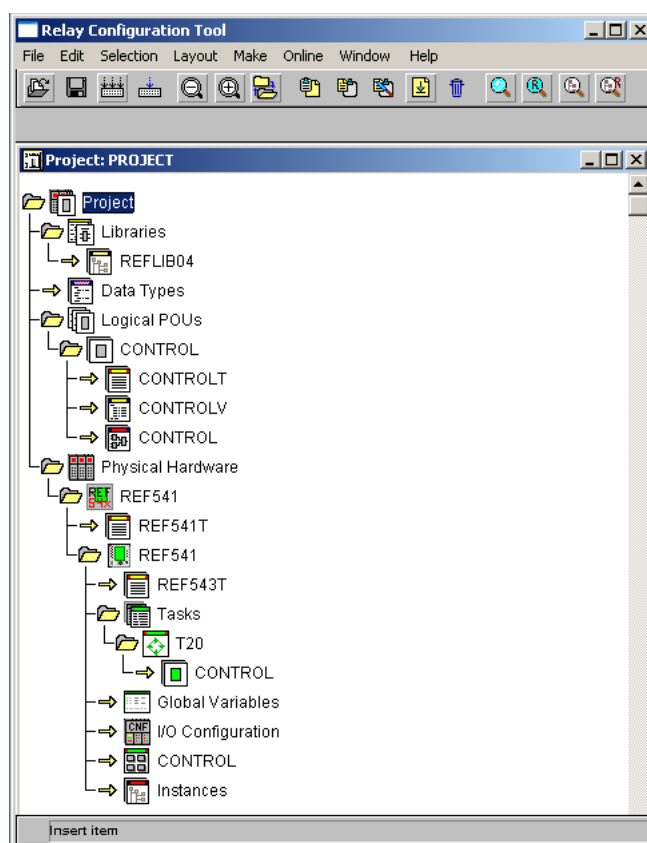


Obr. 6.1: Schéma části rozvodny pro demonstraci provozních manipulací polí (Vývod, Příčný spínač přípojnic, Spínač pomocné přípojnice)

## 6.2.2 CAP505 - Relay configuration tool

Mezi základní nástroje programu CAP505 patří nástroj Relay configuration tool, který slouží pro konfiguraci funkcí jednotlivých ochran, ovládání, monitorování, měření a vnitřní logiky terminálu.

Zde se vytváří potřebné programy pro ovládání (zde **CONTROL**), měření a chránění. Po otevření **Project**→**Logical POU**→**CONTROL**→**CONTROL** se zobrazí okno, ve které lze přímo programovat pomocí funkčních bloků, proměnných a funkcí. Po úpravách je potřeba program zkompilevat stisknutím **Make**→**Build Project** nebo příslušné ikony.



Obr. 6.2: Okno nástroje Relay Configuration Tool

### Funkční bloky v programu CAP505

V Tab. 6.1 je rozepsán význam jednotlivých vstupů a výstupů funkčních bloků, použitých v této práci, kterými jsou:

- COCB - vypínač (Obr. 6.3a). Mezi jeho hlavní funkce patří ovládání, blokování, možnost indikace na displeji a sledování stavu daného přístroje.

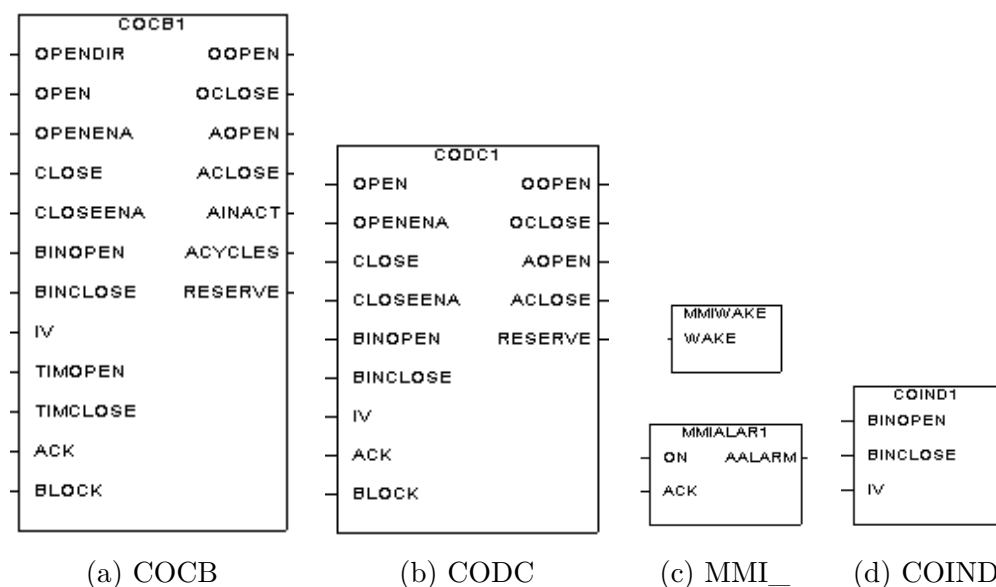
- CODC - odpojovač (Obr. 6.3b). Jeho hlavní funkce jsou stejné jako u bloku vypínače.
- MMIWAKE - podsvícení (Obr. 6.3c). Blok slouží pro aktivaci podsvícení displeje terminálu.
- MMIALAR - alarm (Obr. 6.3c). Tímto blokem jsou ovládány programovatelné výstražné LED na přední straně terminálu.
- COIND - indikátor (Obr. 6.3d). Blok slouží pro indikaci dalšího přístroje, jehož zapnutý nebo vypnutý stav se zobrazí na displeji terminálu.

Tab. 6.1: Popis logických vstupů a výstupů funkčního bloků [7]

Vstup/výstup	Popis	a	b	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	d
OPENDIR	Přímé vypnutí	•				
OPEN	Logický signál vypnout	•	•			
OPENENA	Povolení pro vypnutí	•	•			
CLOSE	Logický signál zapnout	•	•			
CLOSEENA	Povolení pro zapnutí	•	•			
BINOPEN	Stav objektu vypnuto	•	•			•
BINCLOSE	Stav objektu zapnuto	•	•			•
IV	Platnost stavu objektu	•	•			•
TIMOPEN	Délka impulzu pro vypnutí	•				
TIMCLOSE	Délka impulzu pro zapnutí	•				
ACK	Potvrzení alarmu	•	•		•	
BLOCK	Správa příkazů*	•	•			
WAKE	Aktivace podsvícení HMI			•		
ON	Aktivace alarmu				•	
OOPEN	Příkazový impulz vypnout	•	•			
OCLOSE	Příkazový impulz zapnout	•	•			
AOPEN	Čas vypínání - alarm	•	•			
ACLOSE	Čas zapínání - alarm	•	•			
RESERVE	Správa příkazů*	•	•			
AINACT	Čas bez aktivity - alarm	•				
ACYCLES	Čítač cyklů - alarm	•				
AALARM	Zvukový alarm				•	

Pozn.: a - COCD, b - CODC, c<sub>1</sub> - MMIWAKE, c<sub>2</sub> - MMIALAR, d - COIND

Pozn.: \* Používané pro horizontální komunikaci panelů



Obr. 6.3: Použité funkční bloky v programu CAP505

## 6.3 Postup měření

- Po nakreslení blokového schéma a jeho konzultaci spusťte v programu CAP505 projekt zadáný vyučujícím.
- Otevřete si nástroj **Relay Configuration Tool** a něm spusťte program **CONTROL**.
- Pro vložení logického členu AND, OR nebo NOT klikněte na ikonu **Insert function block** v panelu nástrojů.
- Pro vložení proměnné klikněte na ikonu **Insert variable** v panelu nástrojů.
- Do prázdných vstupů funkčních bloků doplňte logický obvod a příslušné proměnné tak, aby blokování bylo v souladu s blokovacími podmínkami.
- Pokud je to potřeba, pravým kliknutím na logický člen zobrazíte jeho vlastnosti, kde můžete měnit počet vstupů a výstupů členu pomocí tlačítka **Duplicate FP**.
- Hotový program pro ovládání zkompilejte stisknutím tlačítka **Build project** v panelu nástrojů nebo v záložce **Make→Build Project**.
- Po zdařilé kompilaci zavřete nástroj **Relay Configuration Tool** (v případě chyby při kompilaci odstraňte problém a znovu zkompilejte).
- Otevřete nástroj **Relay Download Tool**, označte pole **Relay configuration** v záložce **Send** a pole **Store + Reset after download** a klikněte na **Store**. Všechny další oznámení akceptujte.
- Vyčkejte, než se terminál aktualizuje a restartuje a poté vyzkoušejte funkčnost blokování zadáváním příkazů na signalizačním panelu polí.

## 6.4 Vypracování

Zpracujte protokol, který bude obsahovat zápis blokových podmínek pro rozvodnu s dvojitým systémem přípojníc, obrázky programů všech funkčních bloků, které jste měnili v programu CAP505, a závěr.

## 7 ZÁVĚR

Dle požadavků bylo pole příčného spínače přípojníc spolu s celým modelem rozvodny přestavěno na systém se dvěma přípojnícemi s možností blokování ochranným terminálem REF, který je popsán v kapitole 4. Veškeré změny v zapojení jsou zaznamenány v kapitole 5.2, kterou předchází popis přestavby a blokové schéma nového zapojení polí. Aby bylo možno na modelu dále pracovat a upravovat jej, byla dle nového zapojení ovládacích obvodů kompletně přepracována výkresová dokumentace, viz příloha D, na kterou je v práci odkazováno ve kapitole 5.2. Výkresová dokumentace je rovněž určena pro studenty ke zlepšení orientace ve výkresech a pro pochopení zapojení nízkonapěťových částí v rozvodných polích vysokého napětí.

Po dokončení přestavby byla vytvořena nová konfigurace terminálů v programu CAP505, která je popsána v kapitole 5.3. Díky realizovaným logickým propojům mezi poli, bylo možné naprogramovat blokování nejen v rámci jednoho pole, ale také v rámci celé rozvodny. Na toto téma byl zpracován návrh laboratorní úlohy, který čerpá z teoretické základny uvedené v první části práce. Studenti si v rámci úlohy nejen zopakují a procvičí blokování rozvodny, ale naučí se konfigurovat ovládací funkce ochranného terminálu a ovládat dvousystémovou rozvodnu.

Na modelu lze nyní demonstrovat provozní manipulace a blokování rozvodny s využitím ochranných terminálů REF. Hlavní funkce těchto terminálů spočívá ale především v chránění a měření elektrických strojů, sítí, apod. Jelikož při přestavbě byly zachovány měřicí obvody napětí a proudu, další práce na modelu by mohla spočívat ve využití terminálů právě pro měření a chránění při využití simulačních přístrojů jako např. sekundární tester Omicron. Vznikl by tak model, který by kompletně demonstroval rozvodnu vysokého napětí.



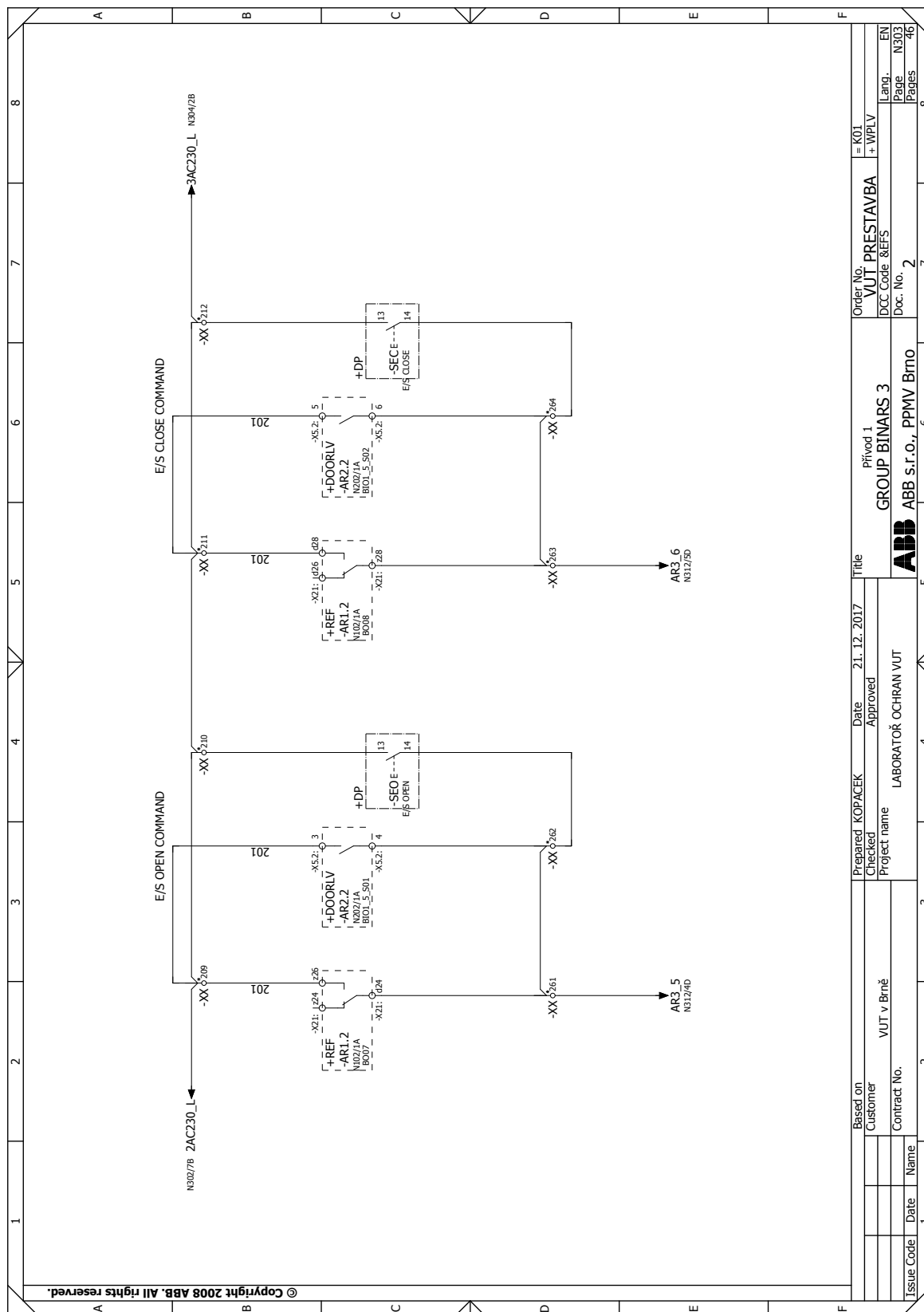
## LITERATURA

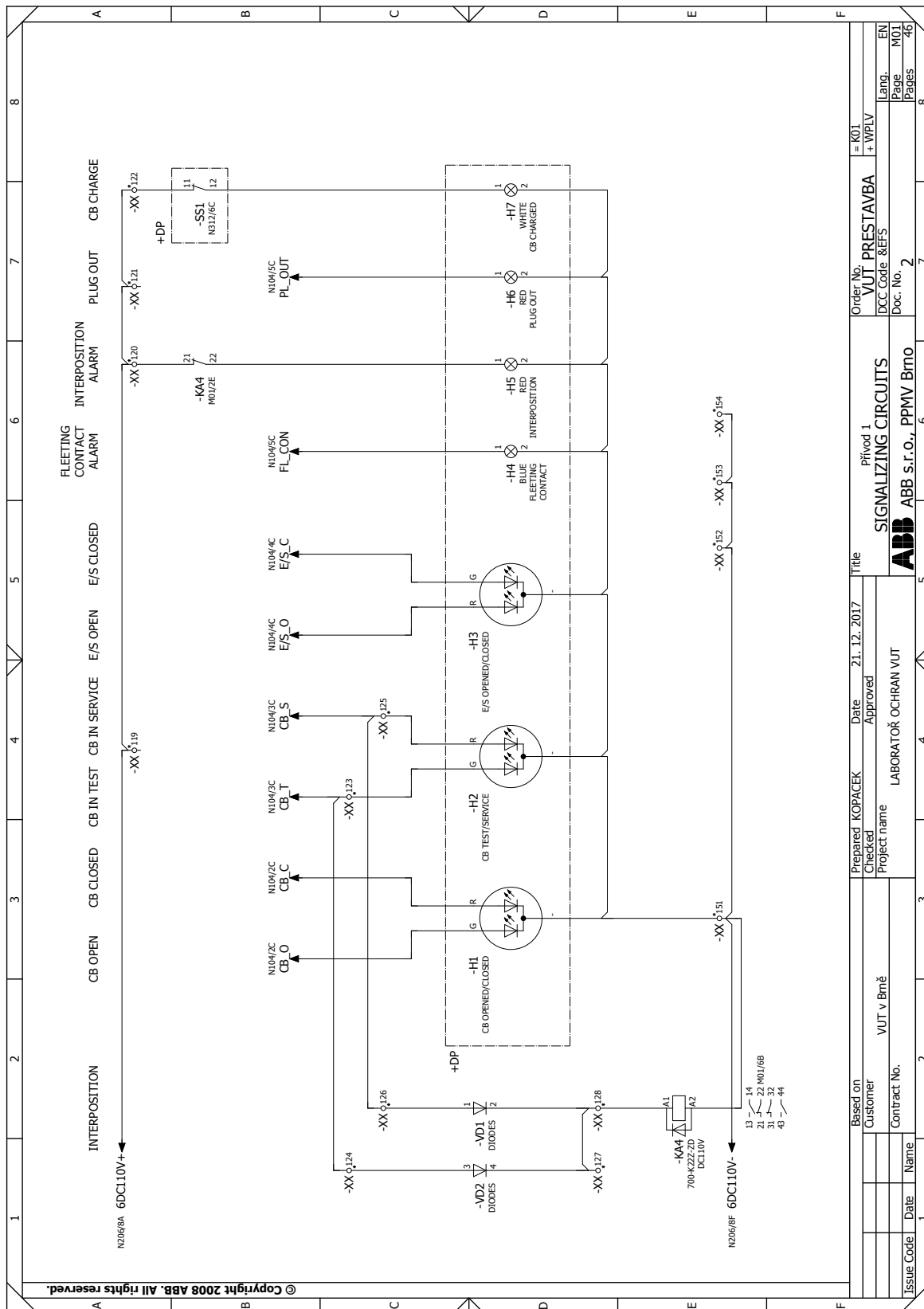
- [1] ABB. *Terminál vývodového pole REF 541, REF 543, REF 545: Popis a technická data* [online]. 1MRS755740. 1999 [cit. 2017-12-26]. rev. CZ\_A/03.2008. Dostupné z: <[https://library.e.abb.com/public/d4f93985d4b05418c1257b130056a39b\REF54\\_tob\\_755740\\_CZa.pdf](https://library.e.abb.com/public/d4f93985d4b05418c1257b130056a39b\REF54_tob_755740_CZa.pdf)>
- [2] ED. BY HENNIG GREMMEL a GERALD KOPATSCH. [TRANSL. FROM THE GERMAN BY KEITH LUNN]. *Switchgear manual*. [Ausc.] for ABB, Germany, 11. ed. Berlin: Cornelsen Scriptor, 2007. ISBN 978-3-589-24112-5.
- [3] ORSÁGOVÁ, Jaroslava. *Rozvodná zařízení*. Brno: VUT, 2015, 180 s.
- [4] SIEMENS. *LOGO! Manual*. A5E0067781. 1996.
- [5] TLUSTÝ, Josef a kol. *Monitorování, řízení a chránění elektrizačních soustav*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04940-2.
- [6] VERNER, Josef. *Elektrické stanice a vedení*. Brno: VUT, 1985, 157 s.
- [7] ABB. *Technical Descriptions of Functions: Function block manuals* [CD-ROM]. V2.10. Distribution Automation [cit. 2018-04-29].

## SEZNAM PŘÍLOH

A Ukázka původní výkresové dokumentace modelu	67
B Nové štítky ovládacích panelů	70
C Obsah přiloženého CD	71
D Výkresová dokumentace s názvem Model rozvodny s dvojitým systémem přípojníc	

# A UKÁZKA PŮVODNÍ VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE MODELU





Based on		Customer	VUT v Brně	Prepared KOPACEK		Date	21. 12. 2017	Title		Signalizing Circuits		Order No.		= K01	
Checked		Project name		LABORATOR OCHRAN VUT		Approved		Přívod 1		VUT PRESTAVBA		DCC Code & REFS		+ WPLV	
Contract No.		Name		2		4		5		6		7		8	
Issue Code		Date		1		2		3		4		5		6	
Lang.		Page		M01		46		Doc. No.		2		7		8	



## B NOVÉ ŠTÍTKY OVLÁDACÍCH PANELŮ

SC CB ZAPNOUT	SCT CB VYPNOUT	H1 <b>CB</b>	H7 CB PRUŽINA NABITA
SEQ Q1 ZAPNOUT	SEP Q1 VYPNOUT	H2 <b>Q1</b>	H4 KONTAKT V POHYBU
SET Q2 ZAPNOUT	SES Q2 VYPNOUT	H8 <b>Q2</b>	VÝVOD
SEC E/S ZAPNOUT	SEO E/S VYPNOUT	H3 <b>E/S</b>	
SS1 CB PRUŽINA VYBITA	H9 REZERVA	SS3 KONTAKT V POHYBU	SS4 REF PODSVÍCENÍ
SS5 REZERVA	SS6 VYŘAZENÍ BLOKOVÁNÍ	SS7 MĚŘENÍ NAPĚTÍ KABELY/SVORKY	SS8 MĚŘENÍ PROUDU KABELY/SVORKY
PŘÍČNÝ SPÍNAČ PŘÍPOJNIC			H5 KONTAKT V POHYBU
SC CB ZAPNOUT	SO CB VYPNOUT	H1 <b>CB</b>	H7 REZERVA
SES Q1 ZAPNOUT	SET Q1 VYPNOUT	H2 <b>Q1</b>	H4 REZERVA
SEC Q2 ZAPNOUT	SEO Q2 VYPNOUT	H3 <b>Q2</b>	H6 REZERVA
SS1 REZERVA	SS2 REZERVA	SS3 REZERVA	SS4 REF PODSVÍCENÍ
SS5 REZERVA	SS6 REZERVA	SS7 MĚŘENÍ NAPĚTÍ KABELY/SVORKY	SS8 MĚŘENÍ PROUDU KABELY/SVORKY

## C OBSAH PŘÍLOŽENÉHO CD

Na přiloženém CD najdete export projektů v programu CAP505, vygenerované nové štítky, elektronickou verzi práce a výkresovou dokumentaci, viz níže.

```
/ ..... kořenový adresář přiloženého CD
├── programy ..... programy v CAP505 pro jednotlivá pole
│   ├── REF543P1.AR
│   ├── REF543P2.AR
│   ├── REF541P3.AR
│   └── REF543P4.AR
├── MODEL_ROZVODNY_BP_KOPACEK.pdf ..... výkresová dokumentace (příloha D)
├── BP_Kopacek.pdf ..... elektronická verze práce
└── tisk_stitku.xlsx ..... nové popisové štítky
```